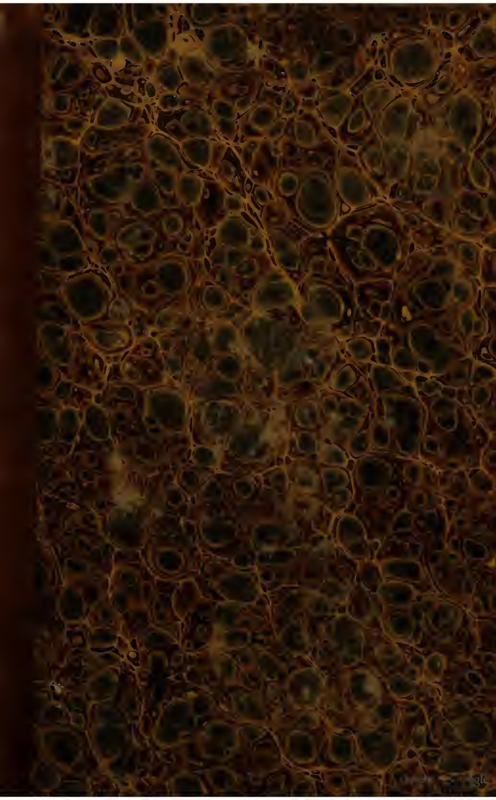


MANUALE

DI

MECCANICA PRATICA

Al Colonnello sig. D. Franc.° Ant.° Winspeare Comand.[te]
del Real Collegio Militare dell'Annunziatella.

Signore

Mi dura vivo il sentimento degl'infiniti obblighi che le ho, sia che rammenti la saviezza ond' Ella governava or sono tanti anni, in un Militare Collegio, la mia prima educazione, sia che rivolga lo sguardo all'epoca in cui con ogni maniera di amorevoli consigli e con le molteplici di Lei relazioni, assicurava i primi passi della mia carriera civile. Quante pruove in allora io non ebbi di una virtù inesauribile in promuovere il bene, di un' anima pura ed elevata, di un intelletto in cui la luce della scienza congiunta all'abitudine del meditare, rende di una non ordinaria levatura! Grandi son pur la modestia e la benignità ond'Ella ogni sua azione infiora.

Sicchè riconoscente a tanti contrassegni ricevuti, ed ammiratore caldissimo di sì eminenti e rari pregi, io mi fo lecito porgergliene un pubblico attestato nell'intitolarle la presente versioncina dell' Opera del Morin. *Preposta agli studi di un Collegio in dove le scienze esatte e la Meccanica costituiscono la base dell'instituzione, e rincoratrice animosa con l'opera e con la voce di ogni utile disciplina, io confido che in grazia pure del subietto e del gran merito dell' originale, Ella compatir voglia la tenuità del mio lavoro; nella quale certezza, co' sensi di una viva obbligazione e del rispettoso attaccamento di cui or le rinnovo l'espressione, mi do il vanto, o Signore, di raffermarmi*

Suo umiliss. e divotiss. servo ed amico
Antonio del Giorno.

PREAMBOLO

Da lungo tempo il pensiero io vagheggiava di raccôrre in un sol libro le più rilevanti regole della Meccanica applicata, avvisando che utilissime riescir potrebbono a coloro che in grazia del proprio ministero avriano ad esercitarle. E me ne stava poi in fraddue del se dovessi rendere un tal lavoro di pubblica ragione, perciocchè necessario sembrava di soggettare i precetti che per entro vi si enunciano alla valida riprova della esperienza, quando la speciale posizione in che or mi ravviso, avendomi abilitato ad imprendere i saggi di un gran novero di quesiti, risolsi di porre in atto la già conceputa idea, e di far tesoro dei più efficaci dettami della pratica coincidenti con la teorica. L'accoglimento che gl'ingegneri han fatto a codesto lavoro mi ha persuaso, comechè l'opera non raggiungesse per anco il grado di perfezione cui può in più abili mani aspirare, ch' io addentrato mi era in una utile carriera, e che lodevol consiglio saria di alacremente perseverarvi. Che se la seconda edizione la quale or mi fo a pubblicare assai celeramente conseguita la prima, sì che non fu possibile interpolarvi le numerose addizioni che desiderato avrei, pure ella ne comprende di talune, le quali han rapporto alle sperienze su i turbini del

di cui a dilungo farà la scienza rimpianto per la perdita recente, con le sue note all'architettura idraulica di Belidor e con le sue lezioni alla scuola degl'ingegneri di ponti e strade; ed il Poncelet, la mercè del corso di macchine per lui introdotto nella scuola di Artiglieria e del Genio, han formato della meccanica applicata una scienza nuova, nella quale è forza che s'addentri chiunque impossessar si voglia dei principî certi che servir gli denno di scorta nella costruttura degli organi e degli apparati diversi. Il perchè la compilazione di una gran parte del presente Manuale vuolsi ritenere come il sunto ed il raccozzamento dei precetti che i prelodati scrittori, massime il Poncelet, aveano già stabiliti.

Le massime e le formole concernenti al moto dei liquidi e dei gas sono attinte nella sezione sesta del corso letto dal Poncelet, e nelle note sulle acque correnti, ove sia variabile il livello del serbatoio, da esso lui lasciatemi nel dipartirsi dalla scuola di Metz. Ho aggiunto a quest' ultima parte alcune regole relative all'aggottamento dei recinti a stagno, ed ho preso nel trattato d'idraulica del benemerito d'Aubuisson parecchi esempli risguardanti alle chiuse di navigazione.

Le formole per calcolar l'effetto utile delle ruote idrauliche son quelle che additansi e dimostransi nella sezione settima del preallegato corso e nell'opera del Navier, modificate nei coefficienti numerici desunti dai saggi istituiti dal Poncelet sulle ruote a pali curve, nommeno che da quelle per me stabilite e rendute di comun diritto sulle ruote a pali piane ed a secchie.

In codesto capitolo contiensi altresì il compendio degli sperimenti che io intrapresi nel 1837 in due opifici eretti dal Fourneyron nel dipartimento dei Vosgi.

Quanto alle macchine a vapore, anche le formole teoriche le quali consentono di misurarne l'effetto utile, vennero fermate dal Poncelet; ed i coefficienti di correzione che vi si appongono discendono da'saggi intrapresi. È però desiderabile che ulteriori tentativi vengano a diffondere nuova luce e a raffermar quelli che,

già possediamo in tal genere, ed a far che si diffiniscano codesti coefficienti in un modo più acconcio di quel che nol permettano le investigazioni sinora tentate.

Mi volsi poi a raffrontare le risultanze degli esperimenti sulle macchine locomotive della strada a rotaje di ferro da Liverpool a Manchester conseguìte e pubblicate dal Pambour, mio antico condiscepolo alla scuola politecnica, con quei che deduconsi dalle formole teoriche concernenti alle macchine ed alla pressione, senza espansione o condensamento, nel caso in cui le chiavi di debite proporzioni sieno interamente aperte, e ne ho desunta la formola, la quale ne' limiti propri di velocità e di carica, consente di calcolarsi l' effetto utile di queste macchine quando si trovino nello stato di perfetto mantenimento.

Ho tradotto le regole pratiche seguite dal Watt e da' suoi successori per la costruttura degli apparati a vapore a bassa pressione dall' opera intorno a codesta materia del Torey, il continuar la quale tornerebbe di non lieve vantaggio nell' esercizio di questa rilevante branca d' industria.

Ho inoltre fissate le norme atte a determinare il peso e le dimensioni dei volanti sull' apposita disamina di parecchi di simili organi in attività. La regola relativa a' volanti delle macchine a vapore, coincide ad un tempo con la teorica a tal risguardo stabilita dai signori Navier e Poncelet, e con la pratica del Watt.

Per ciò che riflette la trasmissione del moto, mi sono brevemente occupato dei precetti già noti, di cui prevalgonsi per solito i costruttori.

Le leggi sull' attrito sono la sostanza di quelle che già esposi dopo la lunga serie di sperimenti per me instituiti a Metz negli anni 1831, 32, 33, e 34.

In ordine alle formole pratiche atte a diffinire le dimensioni delle primordiali parti delle macchine, mi son valuto del sunto delle lezioni di meccanica del prelodato Navier; ma ho stimato insieme di doverne modificare i coefficienti numerici secondo

la peculiare destinazione dei membri cui han rapporto, e in tale scelta ho preso a guida le osservazioni dirette e i dati diversi che mi venne fatto raccôrre in parecchi stabilimenti industriali.

Al capitolo di cui si tratta ho aggiunto in questa nuova edizione una sequela di regole primordiali, necessarie a poter calcolare l' incurvamento dei pezzi di forme più generalmente in voga e facienti parte dei membri di sostegno, delle armadure di legname, e via via. Imperciocchè in alcuni casi non basta che codesti membri resistano al carico che lor sovrasta, ma importa altresì determinare gl' incurvamenti che subir possano per effetto della masse sovrincumbenti.

In un altro nuovo capitolo ho messo insieme le dottrine e le tabelle indispensabili al calcolo della spinta delle volte, e per diffinire le dimensioni loro nommeno che quelle dei rispondenti piediritti. Hassi il medesimo a risguardare come il compendio di una bella memoria del sig. Petit, capitano del Genio, impressa negli atti degli uffiziali di questa dott'arma.

Il Poncelet ha voluto farmi abilità d'inserire nel presente Manuale parte ancora delle verità inedite cui è desso pervenuto circa la spinta delle terre e la stabilità dei muri che sono loro a contatto, la cui indagine ha dimostro di aver già il gran Vauban fin da'suoi tempi soggettata la discussione del profilo dei rivestimenti, come egli stesso afferma, alle leggi della meccanica.

Mi è parso poi dover giovare a'costruttori alcuni insegnamenti pratici sulle dimensioni assegnabili alle armadure de' solai e dei coperti, e le quali fanno fine a codesto capitolo, comechè dedito ad un subbietto estraneo alle macchine propriamente dette.

Da ultimo, dàssi compimento all' opera con una serie di dottrine sull'effetto utile dei motori animati e degli apparati in uso negli aggottamenti, nonchè sulla quantità di lavoro necessario per dar moto ai macchinari di fabbricazione. Un tal quadro i di cui elementi furono in parte da me raccolti, laddove per ciò che ragguarda al resto me ne professo debitore alla obbligante cortesia de' miei compagni d'arme ed a parecchi industriali, non è sì ri-

fornito che non vi si possa e debba aggiungere non poco altro; ma i precetti rimemorati nel corso dell'opera per l'estimo dell'effetto utile dei vari motori, porranno in grado di compierlo, ed una schietta riconoscenza legherebbemi a coloro che in simile intendimento volessero comunicarmi le risultanze delle loro osservazioni.

Additando rapidamente con quali vedute ho compilata la presente opera, io mi son recato a debito ed a piacere di accennare quel che ho attinto negli scritti altrui. Non posso ora dispensarmi dall'attestare alla delegazione di artiglieria la mia viva obbligazione per gli ajuti di ogni maniera onde ha meco largheggiata nell'eseguimento che feci di copiose e svariate sperienze. Privo di un sì liberale appoggio, degno per verità di un governo amico della scienza e del progresso, non sarebbe stato de'miei mezzi l'imprendere tutte le investigazioni di cui ho quassù dato succinto ragguaglio.

MANUALE

DI

MECCANICA PRATICA

DEFINIZIONI E SIGNIFICANZE ADOTTATE.

In tutte le formole e regole pratiche le quali per noi darannosi nel corso di quest'opera, noi affigeremo alle voci ed ai segni il senso che si additerà dalle seguenti definizioni e convenzioni.

Forza. Le forze che operano sulle macchine, sono comparabili ai pesi. Assumendo per unità di paragone il chilogrammo, verranno elle espresse da un certo numero di chilogrammi. La lettera che dinota la forza nelle formole sarà spesso seguita dal segno *chil.* onde rimemorarne la significanza.

Velocita'. La velocità di un corpo è lo spazio che esso percorre in 1″ ove uniformemente si muova. Quando poi sia vario il moto, la velocità è lo spazio che il corpo percorre in 1″ da considerarsi dall' istante in cui il moto addiviene uniforme.

Essendo il metro l'unità di lunghezza adottata, esprimeremo benanco la velocità in metri, rapportandola al minuto secondo preso per unità di tempo.

Gli SPAZÎ PERCORSI da'punti di applicazione delle forze, verranno contrassegnati in metri.

QUANTITA' DI AZIONE O DI LAVORO. La quantità di azione o di lavoro che da una forza sviluppasi è il prodotto dell'intensità di questa forza per lo spazio percorso lungo la propria direzione. Essendo il chilogrammo ed il metro le rispettive unità assunte per rappresentare la forza e lo spazio, additeremo la quantità di azione o di lavoro la mercè di un certo numero di chilogrammi sollevati ad un metro di altezza, e l'unità di lavoro, mediante i chilogrammi sollevati ad un metro; il che da noi si esprimerà sovente nelle formole, allogando superiormente od a diritta de' numeri dichiaranti la quantità di azione o di lavoro, il segno *c.m.* da esponente.

Quante volte il lavoro sia per lungo tempo e periodicamente riprodotto dall'azione delle forze, ovvero quando si vogliano evitare grandi cifre che lo rappresentino, vien esso contemplato nel rapporto di un certo periodo di cui per solito si ritiene la durata uguale a quella di un minuto secondo. In allora si dice che la quantità di azione e di lavoro onde si tratta è un certo numero di chilogrammi sollevati ad un metro in 1''.

FORZA DINAMICA IN CAVALLI. Nelle macchine di una grande potenza sarebbon sempre molte le cifre le quali esprimerebbero la quantità di azione o di lavoro sviluppato in 1'', a scanso del quale imbarazzo e di altri ancora, i meccanici assunsero un'altra unità di lavoro nota sotto la impropria denominazione di *forza in cavallo, cavallo vapore, cavallo dinamico.* Il valore più generalmente adoperato per siffatta unità è quello di 75 chil. sollevati ad un metro in 1'', corrispondente a un dipresso a quello che il Watt nominato avea *unità di uso* pareggiante 33,000 libbre, *avoir du poids,* sollevati ad un piede in-

glese in 1''. Non essendo per altro codesto valore della forza del cavallo, adoperato dalla universalità dei pratici, rileva di specificare con esattezza ne'calcoli e nelle transazioni quello che vuolsi adottare.

MASSA DE'CORPI. Con queste voci si addita il quoziente che hassi dividendo il peso di un corpo pel n:° g esprimente la velocità che acquistano i gravi nel vuoto in fine del primo minuto secondo della loro caduta. Alla latitudine dell' osservatorio di Parigi, e per la Francia in genere, $g=9^m,8088$ circa.

QUANTITA' DI MOTO. È il prodotto della massa di un corpo moltiplicata per la velocità ch'ei possiede nell' istante in cui lo si considera (1).

FORZA VIVA. La forza viva che da un corpo si possiede è il prodotto della sua massa pel quadrato della sua velocità nell' istante che lo si considera (2).

PRINCIPIO DELLE FORZE VIVE. Quante volte l'azione delle forze che sollecitano un corpo ha per obbietto di farne variare la velocità, la modificazione della forza viva che ne deriva pareggia il doppio delle quantità di azione o di lavoro sviluppate dalle forze che operano sul corpo (3).

UNITA' DI MISURA. Esprimeremo le dimensioni lineari in metri, le superficie in metri quadrati, ed i volumi in metri cubi, tutte le volte che il contrario non sarà da noi appositamente specificato. Per solito considereremo il tempo in minuti secondi.

DELLE ACQUE CORRENTI



DELL' EFFLUSSO DELL' ACQUA IN UN MINUTO SECONDO ATTRAVERSO AD UN ORIFICIO.

1. Nelle acque correnti attraverso ad un orificio due casi convien distinguere, facili d'ordinario a ravvisarsi a primo aspetto:

1° Quello in cui la parete sia di soverchio esile comparativamente alle dimensioni della luce perchè la vena fluida distaccar si possa perfettamente da'lati di essa luce; ed in allora si dice che la contrazione avviene come in *parete esile*. E questo è appunto il caso più frequente delle usine; il quale accade le quante volte la minore dimensione della luce superi la spessezza della parete o della cateratta per cui l'acqua effluisce, e che questa non ecceda $0^m,05$ a $0^m,06$.

2° Quello in cui avendo la parete una spessezza per lo manco eguale ad una volta e mezzo la minore delle dimensioni dell'orifizio, i filetti fluidi appressansi alle pareti e scorrono lungo le medesime sì, che esteriormente sembrano muoversi in un senso ad esse parallelo; la qual cosa segnatamente avviene quando l'orifizio si prolunghi la mercè di un tubo addizionale. In allora avendo il fluido le sembianze di riempiere compiutamente il tubo, si dice che il medesimo effluisce a *ridondanza*.

2. VELOCITA' MEDIA CON CHE L' ACQUA EFFLUISCE DA UN ORIFIZIO NEL PRIMO DE' DUE CONTEMPLATI CASI. Nel primo caso,

se l'efflusso avviene all'aria libera, la velocità media di erogazione dell'acqua per un orifizio di piccole dimensioni comparativamente a quelle del serbatojo ed alla carica di acqua sul centro di esso orificio, sensibilmente pareggia *la velocità dipendente dall'altezza di siffatta carica.*

In conseguenza, contrassegnando con

H la carica sul centro dell'orifizio,

V la velocità media di efflusso dell'acqua,

$g = 9^m,8088$ la velocità che il peso imprime a' gravi a capo del primo minuto secondo di lor caduta, si ha

$$V = \sqrt{2gH}.$$

Codesta relazione è nota sotto il nome di formola del Torricelli, e risponde alla regola

Che onde ottenere la velocità dipendente da una data carica sul centro o sul mezzo di un orificio,

Convien moltiplicare l'altezza dell'acqua al di sopra del centro della luce per 19,62, e la radice quadrata del prodotto esprimerà la velocità richiesta.

3. Altezza cui è dovuta una data velocita' di efflusso. Dalla formola dianzi ricaviamo

$$H = \frac{V^2}{2g},$$

la quale offre l'altezza corrispondente ad una nota velocità, ed equivale alla regola,

Che per conseguire in metri l'altezza dipendente da una data velocità, convien dividere il quadrato di tale altezza per 19, 62.

4. Tabella delle altezze e delle correlative velocita'. Offre la tabella qui appresso le velocità e le correlative altezze, dalla velocità 0 sino a quella di 9^m, 64 per minuto secondo.

TABELLA DELLE ALTEZZE RISPONDENTI A DIVERSE VELOCITA', LE UNE E LE ALTRE ESPRESSE IN METRI.

VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.
m	m	m	m	m	m	m	m
0,01	0,00001	0,46	0,0108	0,91	0,0422	1,36	0,0943
0,02	0,00002	0,47	0,0112	0,92	0,0431	1,37	0,0957
0,03	0,00005	0,48	0,0117	0,93	0,0441	1,38	0,0970
0,04	0,00009	0,49	0,0122	0,94	0,0450	1,39	0,0984
0,05	0,00013	0,50	0,0127	0,95	0,0460	1,40	0,0999
0,06	0,00019	0,51	0,0132	0,96	0,0470	1,41	0,1013
0,07	0,00026	0,52	0,0138	0,97	0,0480	1,42	0,1028
0,08	0,00034	0,53	0,0143	0,98	0,0490	1,43	0,1042
0,09	0,00043	0,54	0,0148	0,99	0,0500	1,44	0,1057
0,10	0,00051	0,55	0,0154	1,00	0,0510	1,45	0,1072
0,11	0,00062	0,56	0,0160	1,01	0,0520	1,46	0,1086
0,12	0,00074	0,57	0,0165	1,02	0,0530	1,47	0,1101
0,13	0,00087	0,58	0,0171	1,03	0,0541	1,48	0,1116
0,14	0,00101	0,59	0,0177	1,04	0,0551	1,49	0,1131
0,15	0,00115	0,60	0,0184	1,05	0,0562	1,50	0,1147
0,16	0,00131	0,61	0,0190	1,06	0,0573	1,51	0,1162
0,17	0,00148	0,62	0,0196	1,07	0,0584	1,52	0,1177
0,18	0,00166	0,63	0,0202	1,08	0,0595	1,53	0,1193
0,19	0,00185	0,64	0,0209	1,09	0,0606	1,54	0,1209
0,20	0,00204	0,65	0,0215	1,10	0,0617	1,55	0,1225
0,21	0,00225	0,66	0,0222	1,11	0,0628	1,56	0,1241
0,22	0,00247	0,67	0,0229	1,12	0,0639	1,57	0,1257
0,23	0,00270	0,68	0,0236	1,13	0,0651	1,58	0,1273
0,24	0,00294	0,69	0,0243	1,14	0,0662	1,59	0,1289
0,25	0,00319	0,70	0,0250	1,15	0,0674	1,60	0,1305
0,26	0,00345	0,71	0,0257	1,16	0,0686	1,61	0,1321
0,27	0,00372	0,72	0,0264	1,17	0,0698	1,62	0,1337
0,28	0,00400	0,73	0,0272	1,18	0,0710	1,63	0,1354
0,29	0,00429	0,74	0,0279	1,19	0,0722	1,64	0,1371
0,30	0,00459	0,75	0,0287	1,20	0,0734	1,65	0,1388
0,31	0,00490	0,76	0,0295	1,21	0,0746	1,66	0,1405
0,32	0,00522	0,77	0,0302	1,22	0,0758	1,67	0,1422
0,33	0,00555	0,78	0,0310	1,23	0,0771	1,68	0,1440
0,34	0,00589	0,79	0,0318	1,24	0,0783	1,69	0,1456
0,35	0,00624	0,80	0,0326	1,25	0,0797	1,70	0,1473
0,36	0,00660	0,81	0,0334	1,26	0,0809	1,71	0,1490
0,37	0,00697	0,82	0,0343	1,27	0,0822	1,72	0,1508
0,38	0,00735	0,83	0,0351	1,28	0,0835	1,73	0,1525
0,39	0,00775	0,84	0,0360	1,29	0,0848	1,74	0,1543
0,40	0,00816	0,85	0,0368	1,30	0,0861	1,75	0,1561
0,41	0,00860	0,86	0,0377	1,31	0,0875	1,76	0,1579
0,42	0,00900	0,87	0,0386	1,32	0,0888	1,77	0,1597
0,43	0,00940	0,88	0,0395	1,33	0,0901	1,78	0,1615
0,44	0,00980	0,89	0,0404	1,34	0,0915	1,79	0,1633
0,45	0,01030	0,90	0,0413	1,35	0,0929	1,80	0,1651

VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.
m	m	m	m	m	m	m	m
1,81	0,1670	2,30	0,2696	2,79	0,3967	3,28	0,5484
1,82	0,1688	2,31	0,2720	2,80	0,3996	3,29	0,5517
1,83	0,1707	2,32	0,2743	2,81	0,4025	3,30	0,5551
1,84	0,1726	2,33	0,2767	2,82	0,4054	3,31	0,5585
1,85	0,1745	2,34	0,2791	2,83	0,4082	3,32	0,5618
1,86	0,1763	2,35	0,2815	2,84	0,4111	3,33	0,5652
1,87	0,1782	2,36	0,2839	2,85	0,4140	3,34	0,5686
1,88	0,1801	2,37	0,2863	2,86	0,4169	3,35	0,5721
1,89	0,1820	2,38	0,2887	2,87	0,4198	3,36	0,5755
1,90	0,1840	2,39	0,2911	2,88	0,4228	3,37	0,5789
1,91	0,1859	2,40	0,2936	2,89	0,4257	3,38	0,5823
1,92	0,1878	2,41	0,2960	2,90	0,4287	3,39	0,5858
1,93	0,1898	2,42	0,2985	2,91	0,4316	3,40	0,5893
1,94	0,1918	2,43	0,3010	2,92	0,4346	3,41	0,5927
1,95	0,1938	2,44	0,3034	2,93	0,4376	3,42	0,5962
1,96	0,1958	2,45	0,3060	2,94	0,4406	3,43	0,5997
1,97	0,1978	2,46	0,3085	2,95	0,4436	3,44	0,6032
1,98	0,1998	2,47	0,3110	2,96	0,4466	3,45	0,6067
1,99	0,2018	2,48	0,3135	2,97	0,4496	3,46	0,6102
2,00	0,2039	2,49	0,3160	2,98	0,4526	3,47	0,6138
2,01	0,2059	2,50	0,3186	2,99	0,4557	3,48	0,6173
2,02	0,2080	2,51	0,3211	3,00	0,4588	3,49	0,6209
2,03	0,2100	2,52	0,3237	3,01	0,4618	3,50	0,6244
2,04	0,2121	2,53	0,3263	3,02	0,4649	3,51	0,6280
2,05	0,2142	2,54	0,3289	3,03	0,4680	3,52	0,6316
2,06	0,2163	2,55	0,3315	3,04	0,4711	3,53	0,6352
2,07	0,2184	2,56	0,3341	3,05	0,4742	3,54	0,6388
2,08	0,2205	2,57	0,3367	3,06	0,4773	3,55	0,6424
2,09	0,2226	2,58	0,3393	3,07	0,4804	3,56	0,6460
2,10	0,2248	2,59	0,3419	3,08	0,4835	3,57	0,6497
2,11	0,2269	2,60	0,3446	3,09	0,4866	3,58	0,6533
2,12	0,2291	2,61	0,3472	3,10	0,4899	3,59	0,6569
2,13	0,2313	2,62	0,3499	3,11	0,4930	3,60	0,6606
2,14	0,2334	2,63	0,3526	3,12	0,4962	3,61	0,6643
2,15	0,2356	2,64	0,3553	3,13	0,4994	3,62	0,6680
2,16	0,2378	2,65	0,3580	3,14	0,5026	3,63	0,6717
2,17	0,2400	2,66	0,3607	3,15	0,5038	3,64	0,6754
2,18	0,2422	2,67	0,3634	3,16	0,5090	3,65	0,6791
2,19	0,2444	2,68	0,3661	3,17	0,5122	3,66	0,6828
2,20	0,2467	2,69	0,3688	3,18	0,5155	3,67	0,6866
2,21	0,2490	2,70	0,3716	3,19	0,5187	3,68	0,6903
2,22	0,2512	2,71	0,3744	3,20	0,5220	3,69	0,6940
2,23	0,2535	2,72	0,3771	3,21	0,5252	3,70	0,6978
2,24	0,2557	2,73	0,3799	3,22	0,5285	3,71	0,7016
2,25	0,2580	2,74	0,3827	3,23	0,5318	3,72	0,7054
2,26	0,2603	2,75	0,3855	3,24	0,5351	3,73	0,7092
2,27	0,2626	2,76	0,3883	3,25	0,5384	3,74	0,7130
2,28	0,2649	2,77	0,3911	3,26	0,5417	3,75	0,7168
2,29	0,2673	2,78	0,3939	3,27	0,5450	3,76	0,7206

VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.
m	m	m	m	m	m	m	m
3,77	0,7245	4,26	0,9251	4,75	1,1501	5,24	1,3996
3,78	0,7283	4,27	0,9294	4,76	1,1549	5,25	1,4050
3,79	0,7322	4,28	0,9337	4,77	1,1598	5,26	1,4103
3,80	0,7361	4,29	0,9381	4,78	1,1647	5,27	1,4157
3,81	0,7400	4,30	0,9425	4,79	1,1695	5,28	1,4211
3,82	0,7438	4,31	0,9469	4,80	1,1744	5,29	1,4265
4,83	0,7478	4,32	0,9513	4,81	1,1793	5,30	1,4319
3,84	0,7517	4,33	0,9557	4,82	1,1842	5,31	1,4373
3,85	0,7556	4,34	0,9601	4,83	1,1891	5,32	1,4427
3,86	0,7595	4,35	0,9646	4,84	1,1941	5,33	1,4481
3,87	0,7634	4,36	0,9690	4,85	1,1990	5,34	1,4535
3,88	0,7674	4,37	0,9734	4,86	1,2040	5,35	1,4590
3,89	0,7713	4,38	0,9779	4,87	1,2090	5,36	1,4645
3,90	0,7753	4,39	0,9823	4,88	1,2139	5,37	1,4699
3,91	0,7793	4,40	0,9869	4,89	1,2189	5,38	1,4754
3,92	0,7833	4,41	0,9913	4,90	1,2239	5,39	1,4809
3.93	0,7873	4,42	0,9958	4,91	1,2289	5,40	1,4864
3,94	0,7913	4,43	1,0003	4,92	1,2339	5,41	1,4919
3,95	0,7953	4,44	1,0048	4,93	1,2389	5,42	1,4975
3,96	0,7993	4,45	1,0094	4,94	1,2440	5,43	1,5030
3,67	0,8034	4,46	1,0140	4,95	1,2490	5,44	1,5085
3,98	0,8074	4,47	1,0185	4,96	1,2541	5,45	1,5141
3,99	0,8115	4,48	1,0231	4,97	1,2591	5,46	1,5196
4,00	0,8156	4,49	1,0276	4,98	1,2642	5,47	1,5252
4,01	0,8197	4,50	1,0322	4,99	1,2693	5,48	1,5308
4,02	0,8238	4,51	1,0368	5,00	1,2744	5,49	1,5364
4,03	0,8279	4,52	1,0414	5,01	1,2795	5,50	1,5420
4,04	0,8320	4,53	1,0460	5,02	1,2846	5,51	1,5476
4,05	0,8361	4,54	1,0507	5,03	1,2897	5,52	1,5532
4,06	0,8402	4,55	1,0553	5,04	1,2948	5,53	1,5588
4,07	0,8444	4,56	1,0599	5,05	1,3000	5,54	1,5645
4,08	0,8485	4,57	1,0646	5,06	1,3051	5,55	1,5701
4,09	0,8527	4,58	1,0692	5,07	1,3103	5,56	1,5758
4,10.	0,8569	4,59	1,0739	5,08	1,3155	5,57	1,5815
4,11	0,8611	4,60	1,0786	5,09	1,3206	5,58	1,5872
4,12	0,8653	4,61	1,0833	5,10	1,3258	5,59	1,5929
4,13	0,8695	4,62	1,0880	5,11	1,3311	5,60	1,5986
4,14	0,8737	4,63	1,0927	5,12	1,3363	5,61	1,6043
4,15	0,8779	4,64	1,0974	5,13	1,3415	5,62	1,6100
4,16	0,8821	4,65	1,1022	5,14	1,3467	5,63	1,6157
4,17	0,8864	4,66	1,1069	5,15	1,3520	5,64	1,6215
4,18	0,8906	4,67	1,1117	5,16	1,3572	5,65	1,6272
4,19	0,8949	4,68	1,1164	5,17	1,3625	5,66	1,6330
4,20	0,8992	4,69	1,1212	5,18	1,3678	5,67	1,6388
4,21	0,9035	4,70	1,1260	5,19	1,3730	5,68	1,6446
4,22	0,9078	4,71	1,1308	5,20	1,3784	5,69	1,6503
4,23	0,9121	4,72	1,1356	5,21	1,3837	5,70	1,6562
4,24	0,9164	4,73	1,1404	5,22	1,3890	5,71	1,6620
4,25	0,9207	4,74	1,1452	5,23	1,3943	5,72	1,6678

VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.
m	m	m	m	m	m	m	m
5,73	1,6736	6,22	1,9721	6,71	2,2951	7,20	2,6425
5,74	1,6795	6,23	1,9785	6,72	2,3019	7,21	2,6499
5,75	1,6854	6,24	1,9848	6,73	2,3088	7,22	2,6572
5,76	1,6912	6,25	1,9912	6,74	2,3156	7,23	2,6646
5,77	1,6971	6,26	1,9976	6,75	2,3225	7,24	2,6720
5,78	1,7030	6,27	2,0039	6,76	2,3294	7,25	2,6794
5,79	1,7089	6,28	2,0103	6,77	2,3363	7,26	2,6868
5,80	1,7148	6,29	2,0167	6,78	2,3432	7,27	2'6942
5,81	1,7207	6,30	2,0232	6,79	2,3501	7,28	2,7016
5,82	1,7266	6,31	2,0296	6,80	2,3571	7,29	2,7090
5,83	1,7326	6,32	2,0361	6,81	2,3640	7,30	2,7164
5,84	1,7385	6,33	2,0425	6,82	2,3709	7,31	2,7239
5,85	1,7445	6,34	2,0490	6,83	2,3779	7,32	2,7313
5,86	1,7505	6,35	2,0554	6,84	2,3849	7,33	2,7388
5,87	1,7564	6,36	2,0619	6,85	2,3919	7,34	2,7463
5,88	1,7624	6,37	2,0684	6,86	2,3989	7,35	2,7538
5,89	1,7684	6,38	2,0749	6,87	2,4059	7,36	2,7613
5,90	1,7744	6,39	2,0814	6,88	2,4129	7,37	2,7688
5,91	1,7805	6,40	2,0879	6,89	2,4199	7,38	2,7763
5,92	1,7865	6,41	2,0945	6,90	2,4269	7,39	2,7838
5,93	1,7925	6,42	2,1010	6,91	2,4339	7,40	2,7914
5,94	1,7986	6,43	2,1075	6,92	2,4410	7,41	2,7989
5,95	1,8046	6,44	2,1141	6,93	2,4481	7,42	2,8065
5,96	1,8107	6,45	2,1207	6,94	2,4551	7,43	2,8140
5,97	1,8168	6,46	2,1273	6,95	2,4622	7,44	2,8216
5,98	1,8229	6,47	2,1338	6,96	2,4693	7,45	2,8292
5,99	1,8290	6,48	2,1404	6,97	2,4764	7,46	2,8368
6,00	1,8351	6,49	2,1471	6,98	2,4835	7,47	2,8444
6,01	1,8412	6,50	2,1537	6,99	2,4906	7,48	2,8521
6,02	1,8473	6,51	2,1603	7,00	2,4978	7,49	2,8597
6,03	1,8535	6,52	2,1670	7,01	2,5049	7,50	2,8673
6,04	1,8596	6,53	2,1736	7,02	2,5121	7,51	2,8750
6,05	1,8658	6,54	2,1803	7,03	2,5192	7,52	2,8826
6,06	1,8720	6,55	2,1869	7,04	2,5264	7,53	2,8903
6,07	1,8782	6,56	2,1936	7,05	2,5336	7,54	2,8980
6,08	1,8843	6,57	2,2003	7,06	2,5408	7,55	2,9057
6,09	1,8905	6,58	2,2070	7,07	2,5480	7,56	2,9134
6,10	1,8968	6,59	2,2137	7,08	2,5552	7,57	2,9211
6,11	1,9030	6,60	2,2205	7,09	2,5624	7,58	2,9288
6,12	1,9092	6,61	2,2272	7,10	2,5696	7,59	2,9365
6,13	1,9155	6,62	2,2339	7,11	2,5769	7,60	2,9443
6,14	1,9217	6,63	2,2407	7,12	2,5841	7,61	2,9520
6,15	1,9280	6,64	2,2474	7,13	2,5914	7,62	2,9598
6,16	1,9343	6,65	2,2542	7,14	2,5987	7,63	2,9676
6,17	1,9405	6,66	2,2610	7,15	2,6060	7,64	2,9754
6,18	1,9468	6,67	2,2678	7,16	2,6132	7,65	2,9832
6,19	1,9531	6,68	2,2746	7,17	2,6205	7,66	2,9910
6,20	1,9595	6,69	2,2814	7,18	2,6279	7,67	2,9988
6,21	1,9658	6,70	2,2883	7,19	2,6352	7,68	3,0066

VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.	VELOCITA'	ALTEZZA corrisp.
m	m	m	m	m	m	m	m
7,69	3,0144	8,18	3,4108	8,67	3,8317	9,16	4,2771
7,70	3,0223	8,19	3,4192	8,68	3,8405	9,17	4,2864
7,71	3,0301	8,20	3,4275	8,69	3,8494	9,18	4,2958
7,72	3,0380	8,21	3,4359	8,70	3,8583	9,19	4,3051
7,73	3,0459	8,22	3,4443	8,71	3,8671	9,20	4,3145
7,74	3,0538	8,23	3,4526	8,72	3,8760	9,21	4,3239
7,75	3,0617	8,24	3,4610	8,73	3,8849	9,22	4,3333
7,76	3.0696	8,25	3,4695	8,74	3,8938	9,23	4,3417
7,77	3,0775	8,26	3,4779	8,75	3,9028	9,24	4,3511
7,78	3,0854	8,27	3,4863	8,76	3,9117	9,25	4,3615
7,79	3,0933	8,28	3,4947	8,77	3,9206	9,26	4,3710
7,80	3,1013	8,29	3,5032	8,78	3,9295	9,27	4,3804
7,81	3,1092	8,30	3,5116	8,79	3,9385	9,28	4,3898
7,82	3,1172	8,31	3,5201	8,80	3,9473	9,29	4,3993
7,83	3,1252	8,32	3,5286	8,81	3,9565	9,30	4,4088
7,84	3,1332	8,33	3,5371	8,82	3,9654	9,31	4,4183
7,85	3,1412	8,34	3,5455	8,83	3,9744	9,32	4,4278
7,86	3,1492	8,35	3,5541	8,84	3,9834	9,33	4,4373
7,87	3,1572	8,36	3,5626	8,85	3,9925	9,34	4,4468
7,88	3,1652	8,37	3,5711	8,86	4,0015	9,35	4,4563
7,89	3,1733	8,38	3,5796	8,87	4,0105	9,36	4,4659
7,90	3,1813	8,39	3,5882	8,88	4,0196	9,37	4,4754
7,91	3,1894	8,40	3,5968	8,89	4,0286	9;38	4,4850
7,92	3,1974	8,41	3,6053	8,90	4,0377	9,39	4,4945
7,93	3,2055	8,42	3,6139	8,91	4,0468	9,40	4,5041
7,94	3,2136	8,43	3,6225	8,92	4,0559	9,41	4,5137
7,95	3,2217	8,44	3,6311	8,93	4,0650	9,42	4,5233
7,96	3,2298	8,45	3,6397	8,94	4,0741	9,43	4,5329
7,97	3,2380	8,46	3,6483	8,95	4,0832	9,44	4,5425
7,98	3,2461	8,47	3,6570	8,96	4,0923	9,45	4,5522
7,99	3,2542	8,48	3,6656	8,97	4,1015	9,46	4,5618
8,00	3,2624	8,49	3,6743	8,98	4,1106	9,47	4,5715
8,01	3,2705	8,50	3,6829	8,99	4,1198	9,48	4,5811
8,02	3,2787	8,51	3,6916	9,00	4,1290	9,49	4,5908
8,03	3,2869	8,52	3,7003	9,01	4,1381	9,50	4,6005
8,04	3,2951	8,53	3,7090	9,02	4,1473	9,51	4,6102
8,05	3,3033	8,54	3,7177	9,03	4,1565	9,52	4,6199
8,06	3,3115	8,55	3,7264	9,04	4,1657	9,53	4,6296
8,07	3,3197	8,56	3,7351	9,05	4,1750	9,54	4,6393
8,08	3,3280	8,57	3,7438	9,06	4,1832	9,55	4,6490
8,09	3,3362	8,58	3,7526	9,07	4,1924	9,56	4,6588
8,10	3,3445	8,59	3,7613	9,08	4,2017	9,57	4,6685
8,11	3,3527	8,60	3,7701	9,09	4,2109	9,58	4,6783
8,12	3,3610	8,61	3,7789	9,10	4,2212	9,59	4,6880
8,13	3,3693	8,62	3,7876	9,11	4,2305	9,60	4,6978
8,14	3,3776	8,63	3,7964	9,12	4,2398	9,61	4,7076
8,15	3,3859	8,64	3,8052	9,13	4,2091	9,62	4,7174
8,16	3,3942	8,56	3,8141	9,14	4,2584	9,63	4,7272
8,17	3,4025	8,66	3,8229	9,15	4,2677	9,64	4,7370

5. Velocita' media di efflusso nel secondo caso contemplato. Nel secondo caso, in cui l'orificio protraggasi la mercè di un tubo cilindrico o prismatico, lungo tre o quattro volte la minore dimensione dell'orifizio stesso, e in dove l'efflusso accada *a ridondanza* (n°. 1,); o quando la parete attraverso la quale vien fuori il liquido abbia una spessezza eguale ad una volta, o ad una volta e mezzo la minore dimensione di quello, la velocità resta alterata dalla presenza delle pareti, e riducesi il più sovente a 0,82 di quella che risultar dovrebbe in ordine alla carica sul centro della luce.

Di quivi emerge la regola

Che ad ottenere la velocità media di efflusso per un tubo addizionale, o quando l'acqua sbocchi a ridondanza, convien moltiplicare la velocità rispondente alla carica sul centro dell' orifizio per 0,82.

6. Altezza cui può elevarsi un getto liquido lanciato da un tubo cilindrico. Segue dall'esposto, che l'altezza cui può il liquido elevarsi in virtù della rimemorata altezza ridotta, che denomineremo h', è

$$h' = \frac{(0,82\,V)^2}{2g} = \frac{0,67V^2}{2g} = 0,67H,$$

Da cui si ha

Che ad ottenere l'altezza cui può slanciarsi l'acqua emergente da un serbatojo, e la quale scorra a ridondanza per un tubo cilindrico o prismatico ,

Convien moltiplicare la carica sul centro della luce per 0,67.

7. Distinzione tra l'efflusso teorico e l' efflusso effettivo. Si addimanda *efflusso teorico di una luce* quello che si desume dalla teorica del moto de' liquidi nella ipotesi del parallelismo delle sezioni e prescindendo dagli effetti della contrazione; ed *efflusso effettivo* quello che ha realmente luogo ed il quale più dell'altro importa di valutare.

Additeremo da prima le formole e le regole cui la teorica

manoduce per calcolare la prima, e farem dappòi conoscere il modo d'inferirne ne' più frequenti casi della pratica, la erogazione effettiva.

8. Le luci di efflusso delle usine posson distinguersi in tre classi. Le tre categorie in cui le luci in uso si posson discernere sono :

1°. Le luci *che versano all'aria libera* (Fig. 1.) il cui lato di sopra o la sommità sia inferiore alla superficie del liquido nel serbatojo.

2°. Le luci che versano in un serbatojo inferiore (fig.2.), la cui sommità trovasi ad un tempo al di sotto della superficie liquida del serbatojo sovrastante e di quella del serbatojo sottoposto ; in allora si dice *esser la luce sommersa.*

3°. *Le luci a stramazzo* nelle quali il liquido (fig. 3) si versa scorrendo per di sopra ad una cateratta, e le quali non trovansi limitate se non al di sotto e lateràlmente.

9. Efflusso teorico per orifizî con carica di acqua sul lato superiore; luci che versano all'aria libera similmente con carica al di sopra. Ci occuperemo innanzi tratto del calcolo della erogazione attraverso alle due prime specie di luci.

Denominando

L la larghezza della bocca erogatoria,

E L'altezza della medesima o la minore distanza dei due lati opposti,

H la carica di acqua sul di lei centro,

Q l'efflusso teorico in un minuto secondo, avremo

$$Q = LE\sqrt{2gH},$$

equazione la quale mena alla regola

Che ad ottenere l'efflusso teorico di un orifizio il quale versi all'aria libera con carica d'acqua sul lato superiore,

Convien moltiplicare l'area della luce per la velocità dipendente dalla carica sul suo centro.

Esempio. Determinare l'efflusso teorico dell'acqua in 1'' per una luce larga $1^m,20$, alta $0^m,15$, e sotto una carica di $1^m,30$ sul centro.

L'area dell'orificio $= 1^m,20 \times 0^m,15 = 0^{mq},180$, la velocità media di efflusso $= \sqrt{19,62 \times 1^m,30} = 5^m,05$ (n°.2); quindi si ha l'efflusso teorico $Q = 0^{mq},180 \times 5^m,05 = 0^{mc},910$.

10. Luci sommerse con carica sul lato superiore. Contrassegnando con

L la larghezza della luce,

E la sua altezza,

H la carica di acqua sulla soglia dell'orifizio dal lato del serbatojo superiore,

h la carica di acqua sulla soglia verso il serbatojo sottoposto,

Q l'efflusso teorico 1'',

si ha

$$Q = LE\sqrt{2g\,(H-h)},$$

Donde s'inferisce la regola

Che ad ottenere l'efflusso teorico di una luce sommersa con carica sul lato superiore, convien moltiplicare l'area della luce per la velocità dipendente dalla differenza di livello dei due serbatoi.

Nota. Le precedenti regole sono applicabili a tutte le luci, siasi qualsivoglia la loro forma.

Esempio. Determinare l'efflusso teorico il quale avviene in 1'' per una luce sommersa larga $0^m,90$, alta $0^m,10$, ammesso che il livello del serbatojo sovrastante sia di $1^m,40$ al di sopra del serbatojo inferiore.

L'area dell'orificio $= 0^m,90 \times 0^m,10 = 0^{mq},09$, la velocità media di efflusso $= \sqrt{19,62 \times 1^m,40} = 5^m,24$,

sarà l'efflusso teorico $Q = 0^{mq},09 \times 5^m,24 = 0^{mc},4716$.

EROGAZIONE EFFETTIVA DA LUCI CON CARICA DI ACQUA NEL LATO SUPERIORE.

11. La erogazione effettiva è sempre men copiosa dell'efflusso teorico, e la differenza riesce tanto più sensibile per quanto maggiore si appalesa la contrazione; sulla quale influendo principalmente non pur la giacitura della luce nel rispetto delle pareti del serbatojo, le dimensioni altresì della luce stessa, la carica liquida sulla sua sommità, ed in alcuni casi, la presenza delle gore per cui l'acqua fluisce nel venir fuori, noi ci faremo ad additare le regole che converrà seguire nel più de'casi i quali han luogo negli stabilimenti industriali.

12. Quando la contrazione sia intera. Tutte le volte che la luce giaccia lontana dal fondo e da'lati del serbatojo per una volta e mezzo a due volte la sua minore dimensione, i filetti fluidi vi affluiscon per ogni verso, e la contrazione sovrammodo accade presso al suo contorno. In allora si dice ch' essa contrazione sia *intera*.

Su tal proposito versarono il più delle sperienze intorno alle acque correnti; e di esse le più importanti e le più accurate noi le dobbiamo ai sigg. Poncelet e Lesbros. *

Il rapporto della erogazione effettiva all'efflusso teorico varia secondo che differenzia la minore dimensione dell'orifizio e la carica sulla sua sommità. I valori corrispondenti determinati da quegli abili ingegneri riferisconsi sotto il nome di *efflusso teorico* nella seguente tabella, la quale presenta un doppio aspetto, il primo relativo alle altezze della luce, l'altro, alle cariche sulla sommità.

Potendo intervenire alcuni casi ne'quali faccia d'uopo misurar la carica di acqua sulla luce, immediatamente al di sopra

* Sperimenti idraulici sulle leggi delle acque correnti, istituiti a Metz da' sigg. Poncelet e Lesbros ad incarico del Ministro della Guerra. — Parigi; Bachelier, librajo. 1832.

di questa, sì che la divisata carica riesca sempre minore che in qualunque altro sito in dove il fluido sia in calma, abbiam segnati nella stessa tabella i valori del coefficiente della erogazione, relativi:

1° Al caso in cui le cariche di acqua vengan misurate in un sito dove il liquido sia stagnante;

2° Al caso in cui le cariche di acqua si misurino immediatamente al di sopra dell' orificio.

Tabella de' coefficienti delle formole per la erogazione teorica delle luci rettangolari verticali in parete esile, con contrazione intera e versando all'aria libera. (*Le cariche son misurate in un punto del serbatojo in dove il liquido si addimostra perfettamente stagnante*).

Cariche sulla sommità delle luci	Coefficienti della erogazion teorica per altezze di luci di					
	0m,20.	0m,10.	0m,05.	0m,03.	0m,02.	0m,01.
m						
0,000	»	»	»	»	»	»
0,005	»	»	»	»	»	0,705
0,010	»	»	0,607	0,630	0,660	0,701
0,015	»	0,593	0,612	0,632	0,660	0,697
0,020	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,030	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,040	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,050	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,060	0‘587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676
0,070	0,588	0,609	0,628	0,639	0,656	0,673
0,080	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670
0,090	0,591	0,610	0,629	0,637.	0,655	0,668
0,100	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,120	0,593	0,612	0,630	0,636	0,653	0,663
0,140	0,595	0,613	0,630	0,635	0,651	0,660
0,160	0,596	0,614	0,631	0,634	0,650	0,658
0,180	0,597	0,615	0,630	0,634.	0,649	0,657
0,200	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655
0,250	0,599	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653
0,300	0,600	0,616	0,629	0,632	0,644	0,650
0,400	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647
0,500	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
0,600	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642
0,700	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,800	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0,900	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,000	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1,100	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629
1,200	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626
1,300	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,400	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618
1,500	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
1,600	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613
1,700	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612
1,800	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612
1,900	0,601	0,608	0,614	0,613	0,612	0,611
2,000	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,000	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

TABELLA DE' COEFFICIENTI DELLE FORMOLE PER LA EROGAZIONE TEORICA DELLE LUCI RETTANGOLARI VERTICALI IN PARETE SOTTILE, CON CONTRAZIONE INTERA E VERSANDO ALL'ARIA LIBERA. *(Le cariche son misurate in un punto del serbàtojo in dove il liquido si addimostra perfettamente stagnante).*

CARICHE sulla sommità delle luci	COEFFICIENTI DELLA EROGAZION TEORICA per altezze di luci di					
	0^m,20.	0^m,10.	0^m,05.	0^m,03.	0^m,02.	0^m,01.
m						
0,000	0,619	0,667	0,713	0,766	0,783	0,795
0,005	0,597	0,630	0,668	0,725	0,750	0,778
0,010	0,595	0,618	0,642	0,687	0,720	0,762
0,015	0,594	0,615	0,639	0,674	0,707	0,745
0,020	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697	0,729
0,030	0,593	0,613	0,637	0,659	0,685	0,708
0,040	0,593	0,612	0,636	0,654	0,678	0,695
0,050	0,593	0,612	0,636	0,651	0,672	0,686
0,060	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668	0,681
0,070	0,594	0,613	0,635	0,645	0,665	0,677
0,080	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662	0,675
0,090	0,595	0,614	0,634	0,641	0,659	0,672
0,100	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657	0,669
0,120	0,596	0,614	0,633	0,637	0,655	0,665
0,140	0,597	0,614	0,632	0,636	0,653	0,661
0,160	0,597	0,615	0,631	0,635	0,651	0,659
0,180	0,598	0,615	0,631	0,634	0,650	0,657
0,200	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649	0,656
0,250	0,600	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653
0,300	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644	0,651
0,400	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,647
0,500	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,645
0,600	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,643
0,700	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,800	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0,900	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,000	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1,100	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629
1,200	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626
1,300	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,400	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618
1,500	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
1,600	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613
1,700	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612
1,800	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612
1,900	0,601	0,608	0,614	0,613	0,613	0,611
2,000	0,601	0,607	0,614	0,612	0,612	0,611
3,000	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

13. Regola per calcolare l'efflusso effettivo quando la contrazione sia intera. Col soccorso di questa tabella, divien facile di calcolare l'efflusso effettivo in ordine a tutti gli orifizi con carica sul lato superiore, e in dove la contrazione sia intera. Ecco la regola da seguire.

Si ritrovi nella tabella del n° 12 il valore del coefficiente dell' efflusso, insiem corrispondente alla data ampiezza della luce ed alla carica della sua sommità, e si moltiplichi l' efflusso teorico pel numero rinvenuto: il prodotto additerà la erogazione effettiva in 1''. Siffatta regola è applicabile alle luci sommerse ed a quelle che versano all'aria libera.

Esempio primo. Determinare l'efflusso effettivo di una luce alta $0^m,10$, e larga $1^m,20$, con una carica di $1^m,30$ sul centro, versando all'aria libera.

La velocità dovuta alla carica sul centro (regola del n°. 2, e tabella del n° 4) è

$$\sqrt{19,62 \times 1^m,30} = 5^m\,05.$$

L'area dell'orificio $= 1^m,20 \times 0^m,10 = 0^{mq},12$.

L'efflusso teorico (n°.9) sarà $0^{mq},120 \times 5^m,05 = 0^{mc},606$.

La tabella del n°.12 addita siccome il coefficiente della erogazione, nel presente caso e qualora la carica venga misurata in un sito in cui il liquido si trovi stagnante, riesce di 0,614.

Quindi la erogazione effettiva secondo la regola precedente sarà $0,614 \times 0^{mc},606 = 0^{mc},372$.

Esempio secondo. Qual sarà l'efflusso effettivo in ogni minuto secondo di una luce sommersa alta $0^m,10$, larga $0^m,90$, essendo il livello del serbatojo sovrastante $1^m,40$ al di sopra di quello del serbatojo sottoposto, ed ammessa intera la contrazione?

La velocità dovuta alla differenza dei livelli è

$\sqrt{19,62 \times 1^m,40} = 5^m,24$ (regola del n°2 e tabella del n°4).

L'area dell'orificio, $0^{mq},09$,

L'efflusso teorico per ogni minuto secondo,

$$0^{mq},09 \times 5^{m},24 = 0^{mc},4716.$$

La tabella del n°.12 insegna siccome il coefficiente dell'efflusso, nel caso attuale e quando la differenza di livello venga misurata superiormente alla luce, riesce di 0,615 ;

Il perchè l'efflusso effettivo secondo la regola precedente sarà $0,615 \times 0^{mc},4716 = 0^{mc},2900$.

Osservazioni intorno all'uso della tabella e della regola precedenti. Semprechè l'altezza della luce ed anche la carica sulla sua sommità si trovin comprese fra i valori nelle tabelle riferiti, assumeremo per coefficiente della erogazione una media aritmetica tra que' che rispondono a' dati della tabella.

Esempio terzo. Qual sarà la erogazione effettiva ad ogni minuto secondo di una luce alta $0^{m},18$, larga $0^{m},80$, con una carica di $1^{m},50$ sul centro, misurata in un sito in cui il liquido sia stagnante, ed ammessa intera la contrazione?

La velocità dipendente dalla carica sul centro (regola del n.° 2 e tabella del n.° 4) è

$$\sqrt{19,62 \times 1^{m},50} = 5^{m},423.$$

L'area della luce,

$$0^{m},18 \times 0^{m},8 = 0^{mq},144.$$

L'efflusso teorico (regola del n.° 9)

$$0^{mq},144 \times 5^{m},423 = 0^{mc},781.$$

Vagando l'altezza della luce fra $0^{m},10$ e $0^{m},20$, sarà il coefficiente della erogazione una media aritmetica tra 0,602 e 0,611, ed uguale a 0,607.

Per la qual cosa la erogazione effettiva riescirà di

$$0,670 \times 0^{mc},781 = 0^{mc},474$$

Nota. *Quante volte l'altezza della luce sorpassera $0^{m},20$, as-*

sumeremo per coefficiente dell' efflusso quello che corrisponde alla luce di $0^m,20$.

15. Del caso in cui la contrazione non sia intera. Se uno de' dati della luce si ritrovi nel prolungamento delle pareti del serbatojo a maniera che i filetti fluidi sbocchino parallelemente a tali pareti, gli effetti della contrazione restan diminuiti o ridotti al nulla su codesto lato. In allora si dice che la contrazione avvenga sui tre altri lati soltanto. La qual cosa, a cagion d'esempio, si avvera quando la soglia della luce trovasi nel prolungamento del fondo della gora: Potendo poi accader lo stesso sugli altri lati a un tempo, osserveremo in tal caso la regola:

Che ad ottenere la erogazione effettiva per ogni minuto secondo da una luce con carica sul lato superiore, e nella quale la contrazione resti soppressa in ordine ad uno o più lati,

Convien moltiplicare il coefficiente della erogazione data nella tabella del n.° 12 relativo ad una stessa altezza di luce e ad una stessa carica sulla sommità, nel caso della contrazione intera, per

1. 033 *semprechè la contrazione avvenga in* . . . . 3 *lati*
1. 072 . . . . *id* . . . . 2 *lati*
1. 125 . . . . *id* . . . . 1 *lato*

Dappoi si moltiplichi l'efflusso teorico calcolato con la regola del n.° 9 o con quella del n°. 10 a norma de' vari casi, pel coefficiente della erogazione così determinato: nel prodotto conseguiremo l'addimandato efflusso effettivo.

Esempio primo. Determinare l'efflusso effettivo di una luce alta $0^m,15$, larga $1^m,20$, con una carica di $1^m,30$ sul di lei centro, e versando all'aria libera, ammesso che la soglia si ritrovi nel prolungamento del fondo del serbatojo.

Il coefficiente dell'efflusso, ove la contrazione fosse intera, avrebbe secondo le regole precedenti per valore

$\frac{0,603+0,613}{2}=0,608$; ma la contrazione non accadendo che sovra tre lati, sarà esso per la regola testè espressa, uguale a $0,608\times1,035=0,629$

Essendo la erogazione teorica

$$0^{m},15\times1^{m},20\times\sqrt{19,62\times1^{m},30}=0^{mc},910,$$

avremo per efflusso effettivo,

$$0,629\times0^{mc},910=0^{mc},572.$$

Esempio secondo. Qual sarà la erogazione effettiva della luce stessa in eguali circostanze, laddove uno de' suoi lati verticali si rinvenga inoltre nel prolungamento delle pareti del serbatojo?

Avvenendo in allora la contrazione nel lato superiore e in uno de' lati verticali della luce soltanto, il coefficiente dell'efflusso equivale a

$$0,608\times1,072=0,652,$$

e l' efflusso effettivo riescirà

$$0,652\times0^{mc},910=0^{mc},593.$$

Esempio terzo. Qual sarebbe l'efflusso della stessa luce in identiche condizioni, laddove i due lati verticali si ritrovassero nel prolungamento delle pareti del serbatojo?

Accadendo la contrazione nel solo lato superiore della luce, il coefficiente dell' efflusso pareggerà

$$0,604\times1,125=0,688,$$

e l'efflusso effettivo

$$0,684\times0^{mc},623.$$

16. Cateratte delle chiuse. Le cateratte delle chiuse presentano in genere la loro soglia molto propinqua al fondo del pavimento di sopra corrente (Fig. 4). In tal caso,

A poter calcolare l'efflusso effettivo, vuolsi moltiplicare la erogazion teorica per 0,625.

Codesta regola è applicabile alle luci sommerse non meno che a quelle che versano all' aria libera.

Esempio. Qual sarà l'efflusso effettivo in 1" di una cateratta di chiusa, la quale smascheri una luce alta $0^m,50$, larga $0^m,70$, versando all'aria libera con una carica di $2^m,50$ sulla soglia ?

La erogazione teorica calcolata secondo la regola del n° 9 è

$0^m,50 \times 0^m,70\sqrt{19,62 \times 2^m,25} = 2^{mc}, 325$; il perchè l'efflusso effettivo sarà di

$$0,625 \times 2^{mc},325 = 1^{mc},455$$

17. Luci contigue. Se due cateratte apronsi ad un tempo (fig. 5), il coefficiente della erogazione diminuisce e addiviene eguale a 0,55. Cosiffatta diminuzione si rende sensibile nelle grandi luci delle chiuse anche quando sien locate a due o tre metri distanti l' una dall' altra.

Esempio. Qual sarà la erogazione effettiva di due luci simili alla precedente, sotto la stessa carica, e praticate a meno di 3me distanti l' una dall'altra ?

La erogazion teorica è

$$2 \times 2^{mc}\ 315 = 4^{mc},\ 630;$$

il perchè l' efflusso effettivo verrà espresso da

$$0,55 \times 4^{mc},630 = 2^{mc},550.$$

18. Cateratte inclinate. Allorchè i due lati della luce ed il suo fondo ritrovansi nel prolungamento delle facce del serbatojo, e la cateratta è inoltre inclinata, il coefficiente della erogazione sarà per

una cateratta inclinata ad { 1 di base sopra 2 di altezza.. 0,74
1 di base sopra 1 di altezza.. 0,80.

Cotesta disposizione di cose incontrasi per solito nelle prese di acqua delle ruote a pali curve.

D'altronde è chiaro che nel caso contemplato l'altezza della

luce misurar si debbe verticalmente, o con più esattezza, perpendicolarmente al lastricato del serbatojo.

Di qui emerge la regola

Che ad ottenere l'efflusso effettivo in 1" da una luce inclinata ad $\frac{1}{2}$ (fig. 6) od a $\frac{1}{1}$ (fig. 7) rispetto alla quale la contrazione resti soppressa sul fondo e ne' lati verticali,
Convien moltiplicare la erogazione teorica,
nel primo caso per 74,
nel secondo per 0,80.

Esempio primo. Qual sarà l'efflusso effettivo di una luce larga 1^m, alta $0^m,20$, inclinata ad uno di base sovra due di altezza, con una carica di $1^m,50$ sulla soglia, e rispetto a cui la contrazione sia ridotta al nulla sul fondo e ne' due lati verticali?

L' efflusso teorico sarà

$$1^m \times 0^m,20 \times \sqrt{19,62 \times 1^m,40} = 1^{mc},048,$$

e l'efflusso effettivo

$$0,74 \times 1^{mc},048 = 0^{mc},776$$

Esempio secondo. Determinare l'efflusso effettivo della medesima luce quando la cateratta si trovi inclinata di uno sovra uno, ovvero a 45°.

L'erogazione teorica riesce altresì di $1^{mc},048$,
e l'efflusso effettivo di

$$0,80 \times 1^{mc},048 = 0^{mc},838$$

19. Luci munite di tubi addizionali pe' quali l'acqua dirigesi nelle ruote idrauliche. Venendo gli orifizi accompagnati da una maniera di tubi addizionali destinati a condurre l'acqua nelle cassette, siccome di frequente si pratica per le ruote che ne son munite le quali ricevon l'acqua in pun-

ti inferiormente alla sommità, otterremo l' efflusso effettivo soccorrendoci della regola seguente.

Si calcoli l'efflusso teorico di ciascun orifizio o tubo addizionale smascherato dallo sportello o cateratta, assumendo per area il prodotto della larghezza per la minore distanza de' diaframmi costituenti essi tubi, e per carica liquida l'altezza del livello superiormente al centro della divisata minore distanza; si aggiungano gli efflussi teorici relativi a questi vari orifizi e si moltiplichi la somma per 0,75: nel risultato otterremo la erogazione effettiva.

Esempio. Determinare la erogazione liquida in 1'' da una luce inclinata a 40°, larga 2m,63, composta di 3 orifizî distinti, rispetto a' quali si hanno i seguenti dati di osservazione.

	LARGHEZZA	ALTEZZA	CARICA SUL CENTRO	EFFLUSSO TEORICO
1.a luce	$2^m,63$	$0^m,070$	$0^m,120$	$0^{mc},282$
2.a luce	2, 63	0, 070	0, 260	0, 411
3.a luce	2, 63	0, 045	0, 346	0, 308

Efflusso teorico totale = $1^{mc},001$

L' efflusso effettivo sarà $0,75 \times 1^{mc},001 = 0^{mc},752$.

20. **Luci accompagnate da una gora.** Le luci di efflusso vengono il più delle volte accompagnate da una gora o doccia più o meno inclinata. Secondo le sperienze del Bossut e quelle più recenti de'sig. Poncelet e Lesbros, la presenza della divisata gora non esercita veruna influenza notabile sulla erogazione finchè la carica sul centro non sia al di sotto di

$0^m,50$ a $0^m,60$ per le luci di $0^m,20$ a $0^m,15$ alte,
0, 30 a 0, 40 *id.* 0, 10
0, 20 *id.* 0, 05 e al di sotto.

Avviene di rado che la carica sul centro della luce sia di quà dai limiti che indicati abbiamo ; ma poichè ciò pur si av-

vera alcuna volta, la tabella che segue profferirà il valore dei coefficienti della erogazione per le varie emergenze nelle figure al n° 9 citate

ALTEZZA della luce	CARICA sul centro della luce	COEFFICIENTI DELLA EROGAZ.e NE'CASI DELLE FIG. N° 9.					
		a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*
0,20	0,40	0,591	0,580	0.582	0,577	0,603	0,597
	0,24	0,559	0,552	0,550*	0,548	0,576	0,573
	0,12	0,483	0,482	0,484	0,485	0,484	0,483*
0,10	0,16	0,590	0,580*	0,583*	0,585*	0,606*	0,604*
	0,11	0,562	0,560*	0,561*	0,562*	0,566*	0,564*
	0,09	0,523	0,522*	0,522*	0,517*	0,510*	0,510*
	0,06	0,464	0,463*	0,462*	0,462*	0,460*	0,460*
0,05	0,20	0,631	0,615	0,618*	0,622	0,636	0,628
	0,11	0,614	0,597	0,598	0,601	0,610	0,609
	0,05	0,495	0,493	0,486	0,490	0,562	0,501
	0,04	0,452	0,443	0,442*	0,442	0,417*	»
0,03	0,20	0,632	0,631*	0,632*	0,635	0,650*	0,651*
	0,06	0,627	0,605*	0,602*	0,607	0,572*	0,594*

Nota. I numeri segnati coll'asterisco si son calcolati per interpolazione.

Col soccorso di codesti valori de' coefficienti della erogazione, sarà lieve nel caso di picciole cariche il calcolar l'efflusso effettivo delle luci analogamente disposte ad una di quelle dianzi riferite, e

Moltiplicheremo la erogazion teorica calcolata mercè della regola del n° 9, o di quella del n° 10, secondo le occorrenze diverse, pel coefficiente dell'efflusso relativo al modo ond' è disposto l'orifizio, alla carica sul suo centro, ed alla sua ampiezza.

Per tutti i casi intermedî tra quelli che additati sono nella tabella, potremo determinare con una approssimazione bastevole, il coefficiente dell'efflusso, prendendo la media aritme-

tica tra i valori corrispondenti ai dati nella tabella che riescon prossimi a quelli che già si hanno.

Esempio. *Fig. 9, a.* Qual sarà l'efflusso effettivo in 1″ nel caso *a* di una luce larga 0^m, 65, alta 0^m,20, con una caricadi 0^m, 24 sul centro?

La erogazione teorica (n°. 9) è

$$0^m,65\times0^m,+,20\times\sqrt{19,62+0^m,24}=0^{mc},282.$$

Il coefficiente dell' efflusso, secondo la precedente tabella, pareggia 0, 559; sarà l'addimendato valore

$$0,559+0^{mc},282=0^{mc},158.$$

Del caso b. Qual sarà la erogazione effettiva in 1″ nel caso *b* di una luce larga 0^m,80, alta 0^m, 10, con una carica di 0^m,09 sul centro?

La erogazion teorica agguaglia,

$$0^m,80,\times0^m,10\times\sqrt{19,62\times0^m,09}=0^{mc},106.$$

Il coefficiente dell'erogazione essendo 0,522,

sarà l'efflusso effettivo$=0,522\times0^{mc},106=0^m,0554$.

Del caso c. Qual sarà la erogazione effettiva in 1″ nel caso *c* di una luce larga 0^m,70, alta 0^m,05, con una carica 0^m,05 sul centro?

La erogazione teorica è

$$0^m,70\times0^m,05\times\sqrt{19,62\times0,05}=0^{mc},0348.$$

Il coefficiente dell'efflusso essendo 0,493,

Sarà il richiesto valore

$$0,493\times0^{mc},0348=0^{mc},0172.$$

Del caso d. Qual sarà la erogazione effettiva in 1″ nel caso *d* di una luce larga 0^m,55, alta 0^m,15, sotto una carica di 0^m,12 sul centro?

La erogazione teorica agguaglia

$$0^m,55\times0^m,15\times\sqrt{19,62\times0^m,12}=0^{mc},1265.$$

Riescendo il coefficiente dell'efflusso

$$\frac{0,485 + 0,562}{2} = 0,523,$$

sarà il valore richiesto $= 0,523 \times 0^{mc}, 1265 = 0^{mc}, 0663$.

Del caso e. Qual sarà la erogazione effettiva in 1″ nel caso *e* di una luce larga $1^{m},10$, alta $0^{m},10$, con una carica di $0^{m},11$ sul centro?

La erogazione teorica è eguale a

$$1^{m}, 10 \times 0^{m}, 10 \times \sqrt{19, 62 \times 0, 11} = 0^{mc}, 161.$$

Risultando il coefficiente dell'efflusso $= 0566$, sarà il desiderato valore $= 0, 566 \times 0^{mc}, 161 = 0^{mc}, 0912$.

Del caso f. Qual sarà la erogazione effettiva in 1″, nel caso *f* di una luce larga $0^{m}, 90$, alta $0^{m}, 20$, colla carica di $0^{m}, 12$ sul centro della luce?

La erogazione teorica agguaglia

$$0^{m}, 90 \times 0^{m}, 20 \times \sqrt{19, 62 \times 0^{m}, 12} = 0^{mc}, 276.$$

Il coefficiente dell'efflusso risultando uguale a 0, 483, sarà l' efflusso effettivo $= 0,483 \times 0^{mc},276 = 0^{mc},1335$.

EROGAZIONE PER APERTURE A STRAMAZZO.

21. Calcoleremo il volume di acqua che si eroga in 1″ da un'apertura a stramazzo col soccorso della formola

$$Q = mLH\sqrt{2gH},$$

nella quale

Q esprime il volume in metri cubi,

L la larghezza dello stramazzo,

H l' altezza della superficie generale dell' acqua nel serbatojo, superiormente alla soglia dello stramazzo o della cateratta abbassata, sulla quale passa il liquido (fig. 10). Vuolsi codesta altezza misurare in un sito in cui l'agitazione e la differen-

za di livello che producesi presso lo stramazzo non sia molto sensibile.

$2g = 19^{m},62$,

m un coefficiente numerico, il quale secondo gli sperimenti de sigg. Poncelet e Lesbros assume i seguenti valori.

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Valori di H.	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,22
Valori del coeffic. *m*	0,424	0,417	0,412	0,407	0,401	0,397	0,395	0,393	0,390	0,385

Ne'casi e ne'limiti ordinarî della pratica, potremo assumere coacervatamente $m = 0,405$, a maniera che la formola adatta a calcolar la erogazione degli stramazzi sarà

$$Q = 0,405\, LH \sqrt{2gH};$$

la quale mena alla regola,

Che onde poter calcolare il volume di acqua il quale effluisce in un minuto secondo da una luce a stramazzo,

Convien moltiplicare la larghezza della luce per l'altezza del livello generale dell'acqua del serbatojo superiormente alla soglia o lato inferiore della luce, moltiplicare il prodotto per la velocità dalla mentovata altezza dipendente, e prendere 0,409 di questo secondo prodotto.

Nel risultato si otterrà il chiesto volume.

Esempio primo. Qual sarà il volume di acqua che in un minuto secondo effluisce da una luce a stramazzo larga 10^{m}, la cui soglia si ritrova a $0^{m},20$ al di sotto del generale livello del serbatojo?

La formola precedente da'

$$Q = 0,390 \times 10^{m} \times 0^{m},20 \sqrt{19,26 \times 0^{m},20} = 1^{mc},545.$$

Dalla regola pratica, prendendo $m = 0,450$, saria emerso $Q = 1^{m},605$

Esempio secondo. Qual sarà il volume di acqua che in un

minuto secondo effluisce per di sopra ad una cateratta larga 3^m, la quale formi una luce a stramazzo abbassandosi $0^m,15$ al di sotto del livello del serbatojo?

La formola offre

$$Q=0,393\times 3^m\times 0^m,15\sqrt{19,62\times 0^m,15}=0^{mc},304.$$

22. Osservazione intorno alla misura della carica di acqua sulla soglia dello stramazzo. Nelle applicazioni della formola e della regola precedenti dovremo, come già esprimemmo al n° 21, misurare l'altezza del livello del serbatojo di sopra al lato inferiore della luce, in un sito in cui la varietà di livello che producesi dappresso a questa luce cessi di esser sensibile; la qual cosa riscuote che il serbatojo resti scoverto alla distanza di 1^m almeno dalla luce stessa in dove determinar si possa il divisato livello.

Quando lo scaricatore sia men largo del recipiente, il livello dell'acqua negli angoli dell'apertura trovasi essere della stessa altezza che si osserva ad una distanza ragguardevole sopra corrente. In allora basterà misurare l'altezza del livello in uno di codesti punti lungi dallo stramazzo, per inferirne il valor della carica H.

23. Quando lo stramazzo abbia la stessa larghezza del canale di arrivo dell'acqua. Tutte le volte che lo stramazzo presenti la stessa larghezza del canale di arrivo e quest'ultimo abbia una profondità eguale alla carica sullo stramazzo stesso, la erogazione viene ad aumentarsi, ed il coefficiente per cui bisogna moltiplicare il prodotto $LH\sqrt{2gH}$, avrà per valor medio circa 0,42.*

* Sperimenti dell'efflusso dell'acqua per aperture a stramazzo istituiti nel castello d'acqua di Tolosa dal Sig. Castel. Nota del d'Aubuisson, annali delle miniere, serie terza, vol. IX, dispensa seconda, del 1836.

24. QUANDO NON RIESCA DI MISURARE CHE LA SOLA SPESSEZZA DELLA FALDA LIQUIDA CHE SI VERSA PER DI SOPRA ALLO STRAMAZZO. Ritrovandosi il serbatojo coverto ovvero non potendosi determinare la differenza di livello esistente tra'l serbatojo e la soglia dello stramazzo, dobbiamo accontentarci di misurar la spessezza della falda liquida che si versa per di sopra al lato inferiore.

In tal emergenza converrà prendere cotesta spessezza direttamente al di sopra del canto vivo interno della soglia o della cateratta (*fig. 10*), e contrassegnandola con h, se ne dedurrà per approssimazione l'altezza H della superficie dell'acqua al di sopra della soglia della luce la mercè della relazione

$H=1,178h$ *ove la larghezza della luce sia i 4/5 di quella del serbatojo.*

$H=1,25h$ *id.* *eguale a quella del serbatojo.*

Donde ricavasi la regola

Che per inferirsi l'altezza del livello generale del serbatoio superiormente alla soglia di un'apertura a stramazzo, dalla spessezza della falda liquida che passa al di sopra del canto vivo interno di questa soglia,

Convien moltiplicare siffatto spessore per

1,178 quando la larghezza dello stramazzo sia uguale ai 4/5 di quella del recipiente

1,25 . . . *id* . . . *a quella del recipiente.*

ESEMPIO. Determinare il volume di acqua che si versa da una luce a stramazzo larga 5^m, sul cui canto vivo interno passi una falda liquida di $0^m,12$.

L'altezza del livello generale del recipiente sarà

$H=1,25\times0^m,12=0^m,15$, ed avremo la erogazione in un minuto secondo

$$Q=0,393\times5^m\times0^m,15\sqrt{19,62\times0^m,15}=0^{mc},507.$$

25. APERTURE A STRAMAZZO ACCOMPAGNATE DA UNA GORA.

Semprechè una simile apertura sia accompagnata da una gora poco inclinata, viene la erogazione dell'acqua ad alterarsi, e secondo le sperienze de'sigg. Poncelet e Lesbros fa d'uopo in tal caso moltiplicare il prodotto

$$LH\sqrt{2gH},$$

pe'seguenti numeri relativi alle forme *a*, *b*, *d*, *e*, *f*, nel n° 20 fig. 9, dichiarate

CARICHE sulla soglia	COEFFICIENTE DI $LH\sqrt{2gH}$.				
	a.	*b.*	*d.*	*e.*	*f.*
m 0,21	0,319	0,324	0,322	0,324	0,336
0,15	0,314	0,313	0,314	»	»
0,10	0,305	0,303	0,303	0,308	0,315
0,06	0,283	0,281	0,280	0,271	0,287
0,04	0,272	0,259	0,257	0,246	0,260
0,03	0,227	0,227	»	»	»

donde trarremo

Che per calcolare il volume di acqua che si versa da un'apertura a stramazzo cui accompagni una gora e disposta relativamente alle pareti ed al fondo del serbatojo in un modo analogo alle forme a, b, d, e, f, *(fig. 9.)*,

Convien moltiplicare la larghezza della luce per l'altezza del livello generale del serbatojo al di sopra della soglia o del lato inferiore della luce e per la velocità da tale altezza dipendente; indi moltiplicare il prodotto per quello fra i coefficienti compresi nella precedente tabella il quale corrisponde alla forma della data apertura ed alla carica della di lei soglia.

Esempio primo. *Forma a.* Determinare il volume di acqua che si versa da un'apertura a stramazzo larga $4^m,30$ cui accompagni una gora inclinata per $\frac{1}{10}$ e la soglia della quale sia $0^m,25$ al di sotto del livello generale del serbatojo.

Il coefficiente rispondente all'attuale caso è 0,319, e la erogazione sarà.

$$Q=0,319\times4^m,30\times0^m,25\sqrt{19,62\times0^m,25}=0^{mc},758.$$

Esempio secondo. *Forma d.* Diffinire il volume di acqua che in $1''$ si versa per un'apertura a stramazzo larga $3^m,20$ cui accompagni una gora inclinata per $\frac{1}{20}$, e la soglia della quale si ritrovi a $0,^m10$ al di sotto del livello generale del serbatojo.

Il coefficiente relativo al caso attuale è, 0,303.

Quindi sarà la erogazione

$$Q=0,303\times3^m,20\times0^m,10\sqrt{19,62\times0^m,10}=0^m,136.$$

Esempio terzo. *Forma f.* Rinvenire il volume di acqua che si versa in un $1''$ per un'apertura a stramazzo larga 5^m, cui accompagni una gora orizzontale e la soglia della quale sia $0^m,20$ al di sotto del livello generale del serbatojo.

Il coefficiente dell'efflusso è nel presente caso 0,336, e sarà il volume erogato in $1''$

$$Q=0,336\times5^m\times0^m,20\sqrt{19,62\times0^m,10}=0^{mc},665.$$

MISURA DELLE ACQUE CORRENTI.

26. Le regole e le formole precedenti offrono il mezzo più acconcio a misurare le acque correnti quante volte sia possibile di farne l'applicazione, perciocchè sono esse appoggiate ad esatte risultanze di sperimenti. Può però occorrere di dover determinare il volume di acqua che una riviera od un canale somministrano, quando non esista nè chiusa nè orificio regolare.

27. MISURA SECONDO GLI ANTICHI FONTANIERI; POLLICE DI ACQUA. Allorchè gli antichi fontanieri misurar voleano il prodotto di una piccola sorgente, ne sbarravano l'alveo col mezzo di tavole nelle quali praticavano una serie orizzontale di fori aventi un pollice di diametro, chiusi da appositi turaccioli. Ciò eseguito, facevansi eglino a sturar tanta quantità di codesti fori da ottenere che il livello liquido si stabilisse all'altezza costante di una linea superiormente alla sommità delle luci. In questo stato, effluiva dal complesso dei fori tutta la quantità di acqua per la sorgente fornita, e se ne valutava il prodotto da quel numero di essi, ciascuno di un pollice, che aperti si erano. Di lì, la denominazione di *pollice di acqua* ovvero di *pollice di fontaniere*, che assumevasi per unità di raffronto.

Il prodotto, poi, rispondente ad un pollice di fontaniere è

in 24 ore di 19^{mc}, 1953,
in 1 ora di 0^{mc}, 7998,
in 1 minuto di 0^{mc}, 01333,
in 1 secondo di 0^{mc}, 0002222.

Chiamano *linea di acqua* la 144^a parte dal pollice di acqua, e *punto di acqua* la 144^a parte dalla linea del liquido stesso.

Malagevole riesce codesto modo di misura e soggetto a varie specie di errori. Imperciocchè per tutte le piccole correnti a cui è desso applicabile, sarà più semplice in uno e più accurato espediente quello di far passare le acque per di sopra alla chiusa, e di estimare il volume liquido scorso la mercè della formola o della regola dichiarate al n° 21 e seguenti, nel rispetto degli emissari a fior d'acqua.

28. MISURA DELLE ACQUE DEI CANALI SCOVERTI A REGIME UNIFORME. Sempre che un canale per una certa lunghezza abbia un declivio ed un profilo costante, due mezzi vi ha di misurarne il prodotto.

Il primo consiste in eseguire l'accurata livellazione della

superficie delle acque sulla maggiore lunghezza possibile, ed in determinare l'area, il contorno sommerso del profilo, e la lunghezza sviluppata della parte regolare livellata.

Indi denominando

L la lunghezza totale sviluppata della parte regolare del canale,

H il declivio della superficie delle acque entro i limiti di una lunghezza L,

A l'area del profilo,

S il perimetro od il contorno sommerso del profilo,

U la velocità media dell'acqua nel profilo,

Otterremo secondo le sperienze di parecchi ingegneri dal Prony discusse,

$$U = -0^m,072 + 56,86\sqrt{\frac{AH}{SL}},$$

ed il prodotto della corrente verrà a determinarsi mediante la formola

$$Q = AU.$$

Le quali formole porgono occasione alle regole

Che ad ottenere la velocità con che l'acqua scorre in un canale di sezione regolare di cui si conoscono il pendio alla superficie, il contorno sommerso e la lunghezza sviluppata,

Convien dividere l'area del profilo pel contorno sommerso,

Indi dividere il pendio totale desunto dalla livellazione della superficie delle acque per la lunghezza sviluppata della linea media del canale;

Moltiplicare codesti due quozienti l'un per l'altro, estrarre la radice quadra dal prodotto e moltiplicarla per 56, 86,

Dall'ultimo prodotto sottrarre $0^m,072$*: avremo nel resto la velocità media richiesta.*

Esempio. Qual sarà la velocità media dell'acqua in un canale di muratura, (fig. 11) di sezione rettangolare larga 3^m,

profonda $1^m,10$, e lunga 150^m, la cui superficie abbia un declivio totale di $0^m,075$?

Essendo l'area del profilo$=3^m \times 1^m,10=3^{mq},30$,
Il contorno sommerso$=3^m+2\times 1^m,10=5^m,20$,

Si avrà il quoziente $\frac{3,30}{5,20}=0,634$.

L'altro quoto del pendio per la lunghezza pareggia

$$\frac{0,075}{150}=\frac{1}{2000}.$$

Inoltre sarà $\sqrt{\frac{A}{S}\times\frac{H}{L}}=\sqrt{0,634\times\frac{1}{2000}}=0,0178$.

E conseguiremo la chiesta velocità facendo

$$56,86\times 0,0178-0^m,072=0^m,943.$$

Determineremo dappoi facilmente il prodotto del canale in 1″ la mercè della regola

Che per ottenere il volume d'acqua somministrato da un canale, essendo note l'area del profilo trasversale e la velocità media,
Si moltiplichi l'area stessa per la mentovata velocità media.

Esempio. Come dianzi, l'area del profilo $=3^{mq},30$,
La velocità media $=0^m,943$,
Il prodotto del corso di acqua verrà quindi espresso da

$$Q=3^{mq},30\times 0^m,943=3^{mc},12.$$

29. Relazione tra la velocita' media e la velocita' superficiale. Avvenendo di non potersi eseguire la livellazione dell'acqua corrente su di una bastevole estensione, determineremo la velocità media la mercè di quella dell'acqua superficiale, misurata in dove la corrente sia più veloce, e col soccorso dei seguenti dati di sperienze.

	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Velocità alla superf.	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Rapporto della velocità media alla velocità superficiale.	0,760	0,786	0,812	0,832	0,848	0,862	0,873	0,883	0,891

Qualora la velocità superficiale cada tra $0^m,20$ ed $1^m,50$, si può con esattezza comportabile per la pratica ritenere 0,80 pel rapporto della velocità media alla velocità superficiale.

30. Modo di determinare la velocita' superficiale. Il più semplice ed accurato espediente per misurare la velocità superficiale è di gettar nell'acqua *nel sito del filone* ossia dove la corrente più veloce si appalesa, uno o più galleggianti leggieri di legno di quercia, sì che s'immergano quasi per intero nell'acqua, e di osservare col sussidio di un orologio a secondi il tempo che impiegano a percorrere un dato spazio: sia questo spazio il più lungo possibile in un tratto regolare del canale del corso d' acqua. Dividendo lo spazio corso pel tempo così determinato, otterrassi la velocità superficiale. Si badi, a maggior guarentigia di esattezza, di ripetere più volte l'osservazione.

31. Si è in grado altresì di determinare la velocita' media, prevalendosi del molinello di Wolteman. Si adopera eziandio a determinare la velocità media dell'acqua in un canale o in una riviera, l'ordigno conosciuto sotto il nome di mulinello di Woltcman (*strohmesser, misuratore di correnti*) quante volte il rapporto della velocità delle alette a quella dell'acqua sia stata precedentemente ben diffinita, la qual cosa offre una certa difficoltà. Allogasi l'ordigno in siti in cui la larghezza e la profondità del canale sien varie; e moltiplicate debitamente simili stazioni, riterrassi per velocità coacervata il termine medio aritmetico fra tutte le velocità di cui si è preso nota. Il bisogno di ripetere più volte le osservazioni divieta l'uso di tale ordigno nei corsi di acqua in cui la sezione non avesse per lo manco un metro quadrato di superficie e $0^m,20$ a $0^m,30$ di

profondità. Per altra via vuolsi essere circospetti di operare soltanto nei luoghi che presentano una massa d'acqua di ragguardevole velocità e a dilungarsi opportunamente dalle parate, dai diversivi, dai gorghi, e via via. Siasi qualsivoglia poi il mezzo che impiegasi a diffinire la velocià media, fa d'uopo calcolare sempre il prodotto della corrente con la regola del n.° 28.

32. Velocita' dell'acqua in fondo ai canali. La velocità dell'acqua in fondo ai canali è minore della velocità media; e importa che non si prescelga il sito in dove ella principia a determinare l'alveo. La si determina mercè della formola $W = 2U - V$; nella quale

W rappresenta la velocità nel fondo,

U La velocità media,

V La velocità superciale,

E da cui s'inferisce la regola

Che ad ottenere la velocità dell'acqua in fondo di un canale, convien raddoppiare la velocità media e dedurre dal prodotto la velocità superficiale.

Esempio. Rinvenire la velocità in fondo di un canale la cui velocità media sia di $0^m,35$, e la velocità superficiale di $0^m,45$.

Sarà ella $= 2 \times 0^m,35 - 0^m,45 = 0^m,25$.

33. Limiti che la velocita' dell'acqua può toccare in fondo ai canali senza punto danneggiarli. La seguente tabella addita i limiti superiori della velocità i quali posson dall'acqua raggiungersi nei canali, secondo la natura diversa del fondo senza arrecarvi guasto di sorta.

Natura del fondo.	Limiti della velocita'.
Terre stemperate, nericce	0,076
Argille teneri	0,152
Sabbie	0,305

Ghiaie	0,609
Ciottoli	0,614
Pietre in fantumi, silice	1,220
Ciotti agglomerati, schisti teneri	1,520
Roccie in istrati	1,830
Roccie dure	3,050

Velocita' dell' acqua nelle gore.

34. Velocita' dell' acqua presso l' origine delle gore che accompagnano gli orifizi. Sebbene, fig. 12, l'esistenza di una gora sotto corrente dell'orifizio non alteri per nulla la erogazione, tuttavolta nel più dei casi viene ella a menomare la velocità del liquido dopo la sua uscita, stantechè la vena fluida si slarga, e minore diventa la velocità media. E calcoleremo la velocità dell'acqua sotto corrente dell'orifizio ad una distanza eguale a due o ad una volta e mezzo la sua minore dimensione, mediante la formola

$$U=\frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{1+\left(1-\frac{1}{m}\right)^2}}$$

in cui

U rappresenta la dimandata velocità,

H la carica sul centro dell'orifizio,

$2g = 19^m,62$,

m il coefficiente della erogazione relativo all'orifizio; dalla quale formola ricavasi la regola seguente.

Dal rapporto $^1/_m$ dell'unità al coefficiente della erogazione si sottragga l'unità; si elevi il resto a quadrato, vi si aggiunga l'unità, e dalla somma si estragga la radice quadrata.

Si divida la velocità della carica sul centro della luce (n. 2 ovvero tabella del n. 4) per questa radice quadrata; nel quoziente avre-

mo la velocità media dell'acqua nella gora, a principiare dal sito corrispendente ad una volta e mezzo o due volte la larghezza della luce.

Esempio. Qual'è la velocità media dell'acqua verso l'origine di una gora che accompagni un orifizio, per lo quale il coefficiente della erogazione sia 0,64, e la carica sul centro $1^m,10$? Si ha

$$\frac{1}{0,64} = 1,562, (1,562-1)^2 = 0,316, \sqrt{1+0,316} = 1,144.$$

La velocità rispondente alla carica sul centro è $= 4^m,65$,

Sarà quindi la velocità richiesta $= \frac{4^m,65}{1^m,144} = 4^m,07$.

Nota. Nel maggior novero de'casi in cui la contrazione della vena liquida accade su tre lati e la carica sia forte, può adottarsi quest' altra regola, assai più semplice e bastevolmente esatta; cioè

Che a diffinire la velocità dell'acqua presso l'origine di una gora la quale accompagni un orifizio,

Fa d'uopo moltiplicare la velocità corrispondente alla carica sul centro per 0,85.

Esempio. Rinvenire la velocità dell'acqua verso l'origine di una gora la quale accompagni una bocca di erogazione cui corrisponda il coefficiente dell'efflusso di 0,62, e la carica sul centro di $0^m,90$.

La velocità della carica sul centro $= 4^m,20$;

laonde la chiesta velocità pareggia $0,85 \times 4^m,20 = 3^m,58$.

35. Velocita' dell' acqua alla estremita' di una gora. Nel più delle occorrenze la gora in cui si allacciano le acque tra l'orifizio e la ruota idraulica è corta ed inclinata di tanto che bene si può prescindere dall'aver in conto la resistenza delle sue pareti contra il movimento del liquido *(fig. 13)*. Or considerando il fondo della gora come una protrazione della soglia, se si chiamano

h il total declivio dalla soglia della luce sino alla sua estremità,

u la velocità in esso capo della gora,

U la velocità media nella gora presa nel punto ch'è una volta e mezzo o due la minore dimensione lungi dalla luce, calcolata come nel precedente n. 34; si avrà

$$u = \sqrt{U^2 + 2gh},$$

Donde deducesi la regola

Che ad ottenere la velocità dell'acqua nell'estremo di una gora di breve lunghezza la quale accompagni una bocca di erogazione,

Debbe aggiungersi l'altezza corrispondente alla velocità media dell'acqua verso l'origine della gora, calcolata come nel precedente n.34, alla totale inclinazione di essa gora; la velocità relativa alla somma di codeste due altezze (n.2 o tabella del n.4), sarà la dimandata.

Esempio. Nelle occorrenze del primo esempio del n. 34, quale esser può la velocità dell'acqua alla estremità della gora che abbia $1^m,30$ di lunghezza e $0^m,25$ di pendenza?

La velocità verso l'origine della gora (n.34)......$= 4^m,07$
L'altezza spettante a codesta velocità............$= 0^m,844$
La somma delle altezze$=0^m,844 + 0^m,25$........$= 1^m,094$

Quindi la velocità in capo alla gora$=\sqrt{19,62 \times 1^m,094} = 4^m,63$

36. Gora di una grande lunghezza. In una gora molto lunga oppongon le pareti una certa resistenza al moto dell'acqua, la cui velocità viene perciò sensibilmente a soffrire. Per riparare agli effetti che ne derivano, il mezzo più acconcio presentasi nel misurare alla estremità della gora il profilo della falda liquida che ne sgorga; ed in allora

Dividendo il volume di acqua somministrato dalla luce per l'area di un tal profilo, otterremo la ricercata velocità media.

Nel caso che non riesca di ascendere alla estremità della gora, si determinerà approssimativamente la velocità media corrispondente a tal sito con

Cercare da prima il valore della velocità dell'acqua alla estremità della gora, prescindendo dalla resistenza delle pareti, come si è detto al n. 35; e denominando

u codesta velocità, prendendo la media proporzionale tra la media e la velocità U verso l'origine della gora, calcolata con la regola del n. 34; indi con rinvenire (n. 2 o tabella del n. 4) l'altezza rispondente alla riferita velocità;

Dividendo poi la erogazione Q per essa velocità media $\frac{u+U}{2}$ *conseguiremo l'area media A della sezione della gora, da cui deducasi il contorno immerso S;*

Ciò fatto, si moltiplichi il rapporto del contorno sommerso S all'area della sezione media A per 0,007 della lunghezza L della gora e pel quadrato della velocità media aritmetica $\frac{u+U}{2}$;

Si aggiunga il quadrato della velocità U nella origine del canale a quello della velocità spettante alla sua totale inclinazione h, e dalla somma si sottragga l'antecedente prodotto: la radice quadrata del residuo sarà il valore bastevolmente approssimativo della velocità media alla estremità della gora.

Abbiam dedotta codesta regola dalla formola

$$U' = \sqrt{U^2 + 2gh - 0{,}007\,\frac{SL}{A}\left(\frac{U+u}{2}\right)^2}$$

nella quale oltre alle riferite significanze, si denominano con

h l'inclinazione totale della gora,

U' la velocità rinvenuta al suo estremo.

Esempio. Nelle condizioni dell'esempio del n°.34, qual sarà la velocità all'estremo di una gora lunga 7^m, ed avente una totale pendenza di $0^m,35$?

Essendo la larghezza della luce di 1^m, e l'altezza di $0^m,25$, si ha in primo luogo $U = 4^m,07$,

$$u = \sqrt{(4,07)^2 + 19,62 \times 0^m,35} = \sqrt{23,46} = 4^m,842,$$

$$\frac{U+u}{2} = 4^m,456.$$

Poscia, se il coefficiente della erogazione è $m=0,64$,

$$Q = 0,64 \times 1^m \times 0^m,25 \sqrt{19,62 \times 1^m,10} = 0^{mc},743,$$

$$\frac{Q}{\frac{U+u}{2}} = A = 0^{mq},167,$$

$$S = 1^m + 2 \times 0^m,167 = 1^m,334,\ 0,007 \times \frac{S}{A} L \left(\frac{U+u}{2}\right)^2 =$$

$$7,75, \text{ ed } U' = 3^m,96.$$

Perdita di caduta cagionata dalle minori conserve.

37. Non di rado per condurre l'acqua sulle ruote idrauliche degli stabilimenti industriali s'impiegano dei tubi di condotta (*fig. 14*), i quali passando al disotto od al di sopra del suolo stabiliscono una comunicazione tra'l principale serbatoio ed un piccolo recipiente.

Quest'ultimo vien formato dappresso alla ruota su cui va l'acqua ad investire per mezzo di una ordinaria cateratta; metodo di costruttura che dà luogo tra'l livello dell'acqua nelle due capacità ad una differenza o perdita di caduta, la quale si calcola la mercè della formola

$$H - h = \frac{m'^2 a^2}{A^2} \left[\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + 1 + 0,007 \frac{S}{A} L \right] h;$$

in dove si contrassegnano con

H l'altezza del livello del serbatoio al di sopra del centro dell'altezza della inferiore capacità,

h l'altezza del pelo dell'acqua in quest'ultimo recipiente al di sopra del mentovato punto,

m il coefficiente della erogazione relativo alla origine della cateratta della minore conserva,

m' il coefficiente della erogazione relativo alla luce della cateratta,

a l'area della luce della divisata conserva o chiavica,.

A l'area della sezione di acqua nel tubo,

S il contorno o perimetro sommerso di esso tubo,

L lo sviluppo longitudinale del medesimo.

Dalla quale formola si deduce la regola che

Per calcolare la perdita di caduta dipendente dalla conserva

Sottraesi l'unità dal rapporto esistente tra l'unità ed il coefficiente della erogazione relativo alla origine della condutture;

Si prende il quadrato del residuo e vi si aggiunge una unità;

Si moltiplica per 0,007 il quarto proporzionale in ordine all'area della sezione trasversale dell'acqua nella condutture, al contorno sommerso, ed alla lunghezza di essa. Vi si aggiunge il prodotto della somma precedente;

Si moltiplica la seconda somma e per l'altezza h del livello nella minore conserva al di sopra del centro della sua luce, e pel quadrato del quarto proporzionale in ordine all'area Adella sezione trasversale d'acqua nella condutture, al coefficiente m' della erogazione, alla luce della conserva ed all'area di simile luce: nel risultato otterremo la richiesta perdita di caduta.

Esempio. La ruota del molino da sega dell'arsenale di artiglieria di Metz, allogata sotto corrente, riceve l'acqua da una conserva per la quale si avverano i seguenti dati:

$m'=0,67$, $m=0,62$, $a=0^{mq},0682$, $A=0^{mq},25$, $L=7^{m},60$. $S=2^{m}$, $h=1^{m},625$.

La formola precedente porge

$$H-h=0^{m},098.$$

La formola stessa dimostra che conviene evitar l'uso delle chiaviche o conserve, e che ove siasi costretti di adoperarli, fa d'uopo aumentare il più che riesca l'area della sezione trasversale della conduttura, e diminuirne la lunghezza.

Velocita' di arrivo dell'acqua sulle ruote.

38. Profilo della curva descritta dal filetto medio della vena fluida a partire dalla estremita' della gora. Determinata secóndo l'un dei casi dei n^{i}. 35 e 36 la velocità dell'acqua all'estremo della gora, sarà lieve il tracciare la curva descritta dal filetto medio della vena fluida che parte da codesto estremo *(fig. 13)*.

Contrassegnando in fatto con

u la velocità all'estremo della gora n.° 35,

a l'angolo di essa gora e della rammentata velocità con la orizzontale,

Se si denominano

x le ascisse della curva di cui si tratta misurate sur una orizzontale condotta dal mezzo del profilo in dove la velocità media è u,

y le sue ordinate verticali rapportate alla stessa origine,

la curva descritta dal filetto medio della vena liquida avrà per equazione.

$$y=\frac{gx^2}{2u^2\cos^2 a}+x\operatorname{tang} a.$$

La quale traducesi nella regola

Che a poter calcolare le ordinate della curva descritta dal filetto medio corrispondenti a date ascisse orizzontali,

È di mestieri che si moltiplichi il quadrato della velocità u dell'acqua all'estremo della gora (n.°55 o 56) per lo doppio quadrato del coseno dell'angolo formato dalla di lei direzione con la orizzontale; si divida indi il numero 9,81 per tal prodotto, e si moltiplichi il quoziente pel quadrato della data ascissa x;

Al prodotto aggiungasi quello di simile ascissa moltiplicata per la tangente dell'angolo costituito dalla velocità u con la orizzontale:

La somma profferirà il valore dell'ordinata y.

Affiggendo ad x i valori di $0^m,1$, di $0^m,2$, di $0^m,3$, e simili, si otterranno i correlativi valori di y, e si determinerà per assegnazion di punti la curva descritta dal rimemorato filetto medio.

Nel caso in cui la gora sia orizzontale, si avvera

$$a = 0,\ \cos. a = 1,\ \tang a = 0,$$

$$y = \frac{gx^2}{2u^2}.$$

Donde si raccoglie

Che ad ottenere l'ordinata y corrispondente al valore dell'ascissa,

Si vuol dividere 9,81 pel doppio quadrato della velocità nell'estremo della gora, e moltiplicare il quoziente per lo quadrato della data ascissa x:

Il prodotto soddisferà alle date condizioni del problema.

Se la luce fosse un emissario, conseguirebbesi la velocità del filetto medio risovvenendosi che lo spessore della falda liquida superiormente alla cateratta è circa 0,80 dell'altezza H al di sopra del medesimo punto. E ritrovandosi in allora il filetto medio a 0,60 della indicata altezza, esprimerà la velocità di esso filetto medio la quale si appresserà di molto alla orizzontale, l'equazione

$$u = \sqrt{19,62 \times 0,6\,H}$$

Il perchè possiamo in ogni emergenza determinare di leggieri la parabola descritta dal filetto medio, partendo dalla origine.

39. Velocita' di arrivo dell'acqua sulle ruote idrauliche stabilite inferiormente ad una gora. Nel punto in cui la curva parabolica del filetto medio incontra la circonferenza esterna della ruota, si conduca una tangente ad essa curva; la direzione per lei segnata sarà quella della velocità di arrivo V dell'acqua sulla ruota. Indi all'altezza relativa alla velocità u (n.°2 o tabella del n.°4), si aggiunga l'altezza che vi ha tra il riferito punto d'incontro e la superiore origine della curva. La velocità rispondente alla somma di tale altezza addita la velocità di arrivo V dell'acqua sulla ruota.

Esempio. Rinvenire la velocità di arrivo dell'acqua sur una ruota idraulica di $3^m,50$ di diametro il cui asse sia di $0^m,25$ innanzi alla verticale, la quale passi per l'estremo della gora inclinata di un $^1/_{12}$. Ammettiamo che tal estremo corrisponda a $0^m,02$ al di sopra della ruota, e che la velocità media della falda liquida la quale ha $0^m,10$ di spessore al capo della gora sia di 3^m, in $1''$.

Se la gora è inclinata per $^1/_{12}$, si ha

$$\text{tang. } a = \frac{1}{12} = 0,083, \quad \cos. a = 0,995, \quad u = 3^m,$$

$$y = \frac{9,81x^2}{2(3 \times 0,995)^2} + 0,083x = 0,55x^2 + 0,083x,$$

e se ne inferisce per le coordinate della curva

$x =$ 0,100,	0,200,	0,300,	0,400,	0,500,	0,600,
$y =$ 0,014,	0,038,	0,074,	0,120,	0,178,	0,246.

(tutti i valori in m)

L'intersecazione della curva in tal guisa determinato con la circonferenza della ruota avviene a $0^m,07$ circa inferiormente al punto di mezzo della vena all'estremo della gora o della origine della curva; ed essendo $0^m,46$ l'altezza spettante alla velocità di tre metri, la totale altezza cui corrisponde la ricercata velocità sarà $0^m,53$, e verrà espressa da $3^m,23$ in $1''$.

STABILIMENTO DEI CANALI A REGIME COSTANTE.

40. I canali in ordine a cui gli stabilimenti industriali si rinvengan sopra o sotto corrente esser denno possibilmente a regime costante, o che torna a tutt'uno, debbono il pendio loro, la sezione trasversale dell'acqua, e la velocità esser costanti; e poichè se son di muratura o di legno, han le pareti verticali, così a menomare la resistenza che da queste deriva, conviene, ove il consentano gli accidenti locali, renderne la profondità pari alla metà della larghezza. Codesta regola vuol osservarsi tutte le volte che non ne conseguiti una eccessiva profondità, sproporzionale e molesta allo stabilimento, e da cui ingenerar si possa un troppo grave dispendio.

Rispetto ai canali in terreno e pur talvolta di fabbrica ordinaria, la larghezza del fondo fassi per solito eguale al quadruplo od al sestuplo della profondità.

Se per considerazioni locali o di economia si fossero precedentemente stabilite le dimensioni del canale, si verrebbe in cognizione anticipata dell'area A del suo profilo e del perimetro sommerso S, in guisa ch'essendo Q il volume di acqua disponibile, avremmo per determinare la velocità media U da dare al liquido.

$$U = \frac{Q}{A}$$

Questa velocità d'altronde debb'esser tale che in fondo al canale conformemente alla regola del n°. 32 non si abbia una

velocità che sorpassi il limite indicato al n°. 33, a seconda della natura diversa del suolo.

L'inclinazione per metro lineare o la declività che aver debbe il canale onde si avveri codesta velocità di regime, verrà diffinita dalla formola

$$I = \frac{S}{A} U \, (0{,}0000444 + 0{,}000309U),$$

La quale manoduce alla regola,

Che onde calcolare l'inclinazione che dar si debbe per ogni metro corrente ad un canale di regime costante e di dato sviluppo longitudinale e profondità, in dove la velocità media abbia eziandio un assunto valore,

Si moltiplichi la stabilita velocità per 0,000309, ed al prodotto si aggiunga 0,0000444;

Si moltiplichi la somma ottenuta pel quarto proporzionale in ordine all'area del profilo costante della sezione d'acqua, al contorno sommerso, ed alla data velocità media.

La pendenza totale sarà evidentemente I L, ossia il prodotto della *declività* per la totale lunghezza.

Esempio. Rinvenire la velocità media dell'acqua in un canale a regime costante di legno, la cui profondità di acqua avesse $0^m{,}80$, la larghezza $1^m{,}60$, e che smaltir dovrebbe $0^{mc}{,}800$ in $1''$?

L'area della sezione di acqua è $A = 0^m{,}08 . 1^m{,}60 = 1^{mq}{,}28$.

La velocità media

$$U = \frac{0{,}80}{1{,}28} = 0^m{,}625,$$

Sarà il perimetro sommerso

$$S = 2 \times 0^m{,}8 + 1^m{,}60 = 3^m{,}20.$$

Or qual sarà la declività o pendenza per metro corrente? Avremo

$$1 = \frac{3^m,20}{2^{mq},28} \times 0^m,625(0,0000444 + 0,000309 \times 0,625) = 0^m,000373,$$

Se la lunghezza del canale si stabilisce a 100^m, la totale inclinazione verrà espressa da

$$H = IL = 0^m,0373.$$

41. Canali scavati nel terreno o rivestiti di macerie inclinate. Quando i canali vengono scavati nel suolo, la larghezza del fondo è d'ordinario quadrupla o sestupla della profondità.

La natura del terreno o del rivestimento determinano l'inclinazione della scarpa, e l'economia dei disterri non che alcuni riflessi di località stabiliscono il limite delle dimensioni. Per tal guisa hassi il perimetro sommerso e l'area del profilo, e si determinerà con essi la velocità media e la declività come nel caso precedente.

Esempio. Si ricerca la velocità media di un canale largo nel fondo 4^m, profondo $0^m,70$, le cui scarpe troverebbonsi inclinate a $45°$, e che smaltir dovrebbe 1^{mc}, 645 per $1''$.

Si ottiene

$$A = 0^m,70 \times \frac{4^m + 5^m,4}{2} = 3^{mq},29,$$

$$U = \frac{1^{mc},645}{3^{mq},29} = 0^m,50, \quad S = 5^m,98.$$

Rinvenire la declvità o pendenza per metro corrente alla superficie del canale.

$$I = \frac{6,98}{3,29} \times 0,\ 50\ (0,0000444 + 0,\ 000309 \times 0,50) = 0^m,0001813,$$

Per la lunghezza di 100^m sarebbe la pendenza di $H = IL = 0^m,01813$.

42. Determinare la maggiore velocita' media che fa d' uopo adottare nel regime di un canale. Lo specchio del n° 33 offre la maggiore velocità dell'acqua in fondo del canale, compatibile con la natura del terreno. È noto in oltre pel n°29 che nei casi ordinarî della pratica il rapporto della velocità media alla velocità superficiale è coacervatamente uguale a 0,80.

In tale emergenza, puossi calcolare la velocità media assegnabile al canale, la mercè della formola

$$U = 1,33\,W,$$

in dove esprime W il limite della velocità comportabile dall' indole del suolo. Quindi si raccoglie,

Che per determinare la maggior velocità media relativa all'acqua in un canale senza deteriorarlo, convien moltiplicare la maggiore velocità nel fondo in rapporto alla natura del suolo (n°. 33) per 1,33:

Nel prodotto si ha la maggiore velocità media che dar si possa alle acque nei canali.

43. Applicazione delle regole dei numeri *40, 41, e 42* in un terreno ghiaioso. Rinvenire la velocità media dell'acqua di un canale scavato in un terreno il cui fondo sia di ghiaja.

La velocità limite (specchio del n° 33) è nel fondo di $0^m,609$; il rapporto della velocità media alla velocità superficiale nel presente quesito è (n°. 29) di 0,80; laonde si ha

$$U = 1,33 \times 0^m,609 = 0^m,81.$$

Venendo cotesta velocità per tal modo determinata a priori in grazia della natura del suolo, l'area della sezione trasversale del canale per una data erogazione Q sarà

$$A = \frac{Q}{U}$$

Or supponendo che nel caso precedente debba il canale smaltire 2^{mc} di acqua in $1''$, qual sarà l'area della sezione trasversale?

$$A = \frac{2^{mc}}{0^{m},820} = 2^{mq},475.$$

Debbono le scarpe essere inclinate per ipotesi a 45°, e la larghezza del fondo pareggiare cinque volte la profondità. Denominando quindi con *h* la profondità del canale, si otterrà per dett' area

$$A = bh^{2} = 2^{mq},475,$$

donde $$h = \sqrt{\frac{2,475}{6}} = 0^{m},642,$$

e di conseguito, la larghezza del fondo sarà di $3^{m},21$, la larghezza alla superficie di $4^{m},494$, ed il perimetro sommerso di

$$3^{m},21 + 2\sqrt{2(0,643)^{2}} = 5^{m},03.$$

La pendenza espressa dalla formola del n°. 40 riescirà di

$$I = \frac{5^{m},03}{2^{mq},475} \times 0^{m},81\,(0,0000444 + 0,000309 \times 0,81) = 0^{m},000485.$$

44. Determinare le dimensioni del canale, data che ne sia la pendenza. Se il declivio del canale sia dato, calcoleremo la velocità media che può aver l'acqua senza danneggiare le sponde, coerentemente alla regola del n. 42; e denominando

h la profondità del canale,

b la larghezza del fondo,

n il rapporto della base delle scarpe alla loro altezza, de-

durremo tra le dimensioni in alto ed in largo del fondo la relazione

$$b + 2h\sqrt{2 + n^2} = \frac{QI}{U^2(0{,}0000444 + 0{,}000309\,U)}\,.$$

Da cui inferiremo

Che a determinare la larghezza la quale convien dare al fondo di un canale la cui totale pendenza al pari che il volume d'acqua da smaltire, la sua profondità, e il declivio delle scarpe, sien noti,

Si calcola la velocità media che l'acqua può avere in esso canale con la regola del n° 42 ;

Si moltiplica la velocità media per 0,000309, al prodotto si aggiunge 0,0000444, si moltiplica la somma che se ne ottiene pel quadrato della velocità media ;

Dividesi per questo prodotto quello del volume di acqua da smaltire in sequela della declività del canale ;

Al quadrato del rapporto della base delle scarpe alle rispettive altezze si aggiunge l'unità, estraesi la radice quadrata dalla somma, e si moltiplica codesta radice pel doppio dalla profondità del canale ;

Si sottrae simile prodotto dal precedente quoziente, ed il residuo esprimerà la larghezza assegnabile al fondo del canale.

Le circostanze locali limitano tavolta la profondità massima che può assegnarsi al canale; il che manoduce a fissar tale profondità coerentemente agli addotti riflessi e a diffinire la larghezza del fondo la mercè della formola or dichiarata.

Che laddove non si fosse obbligato a diffinire a priori la profondità del canale, supporrebbesi dover la larghezza del fondo agguagliare il quadruplo od il sestuplo della profondità, e la dianzi rinvenuta relazione presenterebbe il valore della richiesta profondità.

Quanto ai canali di legno e di muratura, d'ordinario si ha $n = 0$, e la riferita formola riducesi a

nella quale rappresentano

U la chiesta velocità media,

D il diametro del tubo,

H l'altezza del livello del serbatoio superiormente al centro dell' estremità della conduttura,

L lo sviluppo longitudinale di quest'ultima.

Se il tubo versasse in un serbatoio inferiore col suo orifizio sommerso, sarebbe nota la velocità per la formola stessa, in dove H esprimerà la differenza di livello delle due capacità.

Il perchè si ha,

Che a poter calcolare la velocità media che l' acqua assume in una conduttura di sezione circolare costante, convien moltiplicare il diametro di essa conduttura per l'altezza del serbatoio al di sopra del centro del suo capo inferiore ov' ella versi all'area libera, o per la differenza di livello dei due bacini ove sgorghi in una capacità inferiore. Si divida il prodotto per lo sviluppo longitudinale della conduttura, e vi si aggiunga il suo diametro moltiplicato per 54;

Si moltiplichi inoltre la radice quadrata del quoziente per 26,44 :

E nel prodotto otterremo la richiesta velocità.

Essendo data la velocità media che si stabilisce nella conduttura, per calcolarne il prodotto in 1″ viene in soccorso la formola

$$2=\frac{D^2U}{1,273},$$

la quale traducesi in questo,

Che fa d'uopo moltiplicare il quadrato del diametro per la velocità media e dividere il prodotto per 1,273 onde ottenere il prodotto della conduttura in 1″, espresso in metri cubi.

Esempio. Rinvenire il prodotto di una conduttura d'acqua

avente il diametro interno di $0^m,10$, la lunghezza di 50^m, versando in un serbatoio il cui livello sia 4^m inferiore a quello del bacino di presa.

Si avrà

$$U = 26,44\sqrt{\frac{0^m,10\times 4^m}{50+54\times 0,10}} = 2^m,25,$$

e la quantità di acqua desumesi dalla formola

$$Q = \frac{(0^m,10)^2\times 2^m,25}{1,273} = 0^{mc},0177.$$

47. Stabilimento di una condúttura atta a contenere un dato volume di acqua. Volendo stabilire una conduttura capace di somministrare un dato volume di acqua, valgono le relazioni

$$Q = \frac{D^2U}{1,273} \quad \text{ed } U = 26,44\sqrt{\frac{DH}{L+54D}},$$

nelle quali Q è noto, L esprime lo sviluppo longitudinale del condotto per solito dipendente dalle accidentalità locali e che vuol farsi il più breve possibile. Non vi sono altre grandezze indeterminate fuori di U, D ed H, a quale uopo possiam proporci uno dei due seguenti quesiti:

48. Determinare il diametro della conduttura. 1.° Determinare il diametro della conduttura capace di somministrare un dato volume di acqua ad un serbatoio il cui livello sia espresso dalla data altezza H inferiormente a quello del serbatoio di presa.

Il chiesto diametro D si ha dalla relazione

$$Q^2L + 54DQ^2 = 431,39D^5H,$$

la quale si risolverà sostituendo a D nei due membri alcuni valori successivi sino a che siasi rinvenuto quello che soddisfa alla equazione.

Se la conduttura fosse molto lunga, e dovesse il suo dia-

metro D farsi assai piccolo rispetto ad L, possiam trascurare il termine 54D dinanzi ad L, e perverremo a conoscere il diametro la mercè della formola

$$D = 0{,}297\sqrt[5]{\frac{Q^2L}{H}},$$

la quale traducesi in questo,

Che per determinare il diametro della conduttura di data lunghezza la quale somministrar debba un dato volume di acqua in 1″, in un serbatoio di una grandezza H inferiore a quello di presa,

Vuolsi moltiplicare il quadrato del dato volume smaltibile per la lunghezza della conduttura, dividere il prodotto per la differenza dei due bacini, estrarre la radice quinta dal quoziente, e moltiplicar questa per 0,297 :

Nel risultamento otterrassi il richiesto diametro.

Esempio. Qual esser debbe il diametro di una conduttura capace di smaltire $0^{mc},050$ in 1″, essendo lunga 150^m, e trovandosi il bacino superiore 6^m al di sopra di quello in cui va essa a versar l'acqua?

Si ha

$$D = 0{,}297\sqrt[5]{\frac{(0{,}050)^2\times150}{6}} = 0^m{,}171.$$

Nota. È evidente che la stessa regola può applicarsi ai tubi che sgorgano all'aria libera, ponendo l'altezza del bacino superiore per rapporto al centro dell'orifizio, invece della differenza di livello dei due serbatoi.

Si osserverà che il diametro D dato per la regola testè riferita sarà una radice approssimativa cui prevale per esattezza l'equazione che la precede, la quale vien facilitata nella soluzione la mercè della radice stessa.

49. Calcolo dell'altezza cui può l'acqua elevarsi in una conduttura. 2° Determinare l'altezza cui può l'acqua

elevarsi in un serbatoio nel quale versi una conduttura di dato diametro e lunghezza, e che smaltir deve un noto volume di liquido, misurando tale altezza dal livello del bacino superiore. Avremo

$$H = \frac{Q^2(L + 54D)}{431,39D^5},$$

Donde si trae

Che a determinare l'altezza alla quale può giunger l'acqua di un serbatoio inferiore rispetto a quella di un serbatoio superiore, rilevandosi così la differenza di livello fra le due superficie liquide, nella ipotesi che sien dati il diametro e la lunghezza della conduttura comunicante, non che il volume di acqua che si smaltisce in 1'',

Conviene aggiungere 54 volte il diametro allo sviluppo longitudinale del tubo, moltiplicare la somma pel quadrato del volume che si eroga in 1'', e dividere il prodotto per 431,39 volte la quinta potenza del diametro:

Si otterrà nel quoziente la richiesta varietà di livello fra i due bacini.

Esempio. Qual sarà l'altezza di livello nel bacino serbatoio o inferiore, ammesso che la conduttura abbia il diametro di $0^m,40$, sia lunga 100^m, e debba erogare $0^m,200$ in 1''? Si ha

$$H = \frac{0,04(100 \times 54 + 0^m,40)}{431,39 \times (0^m40)^5} = 1^m,099.$$

50. Osservazione generale sullo stabilimento delle condutture. Quando nello stabilire una grande conduttura non si sien potuti evitare i gomiti o dar loro dei grandi raggi di sinuosità, massime ove le commessure dei tubi offrano interne ineguaglianze, sarà prudente di aumentare il prodotto che vuolsi ottenere di un quarto o di un terzo del di lei valore nelle formole precedenti.

51. **Determinare la pressione esercitata in un punto qualunque di una condottura.** Rileva sovente di conoscere la pressione che soffrono le pareti di una conduttura per debitamente proporzionarne lo spessore, (*fig, 16*). A tal uopo sovviene la relazione

$$P' = P + 100[H - (h' - h)],$$

nelle quale esprimono

P' la pressione richiesta,

P la pressione all'origine o in un dato punto della condottura,

H l'altezza del punto in cui la pressione è P' superiormente a quello in cui è dessa P,

h' ed h le altezze rispettive corrispondenti alla velocità dell'acqua nei punti in cui la pressione è P' e P.

Abbiam dianzi esposto il metodo di determinare facilmente tali velocità dividendo il volume di acqua effluente dal condotto per l'area della sezione in ciascuno dei due punti contemplati.

Se il condotto ha una sezione costante, la velocità è identica dapertutto, ed $h' = h$; in allora si ha semplicemente

$$P' = P + 1000H.$$

Esempio. Qual' è la pressione cui regge un acquidotto in nn punto sito a 25^m inferiormente al serbatoio di sopra aperto all'aria libera, ed il cui livello trovasi all'altezza del centro della origine dell'acquidotto?

$$P' = 10333 + 1000 \times 25 = 35333 \text{ kil.}$$

per metro quadrato della sua superficie, ovvero 3,42 atmosfere.

EROGAZIONE PER UN ORIFIZIO PRATICATO IN UN SERBATOIO, IL CUI LIVELLO LIQUIDO VARIA PERDURANDO L'EFFLUSSO.

Se dall'orifizio sgorga maggior quantità di acqua di quel che la sorgente non ne somministra, il livello si abbassa e la carica sul centro va menomando. Osserveremo in tale emergenza, per calcolare il volume del liquido effluente in un dato tempo, metodo qui appresso.

52. Orifizio con carica nella sommita'. Si metta nel serbatoio una riga verticale sopra cui si verrà segnando, o se ella fosse graduata, direttamente misurando, le altezze del liquido corrispondenti ad eguali intervalli di tempo ed in numero pari. Ciò fatto, denominando

L la larghezza della luce,

E l'altezza della medesima,

m il coefficiente della erogazione pel quale si prenderà il medio aritmetico tra i valori corrispondenti alla maggiore carica osservata,

h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, le altezze di livello corrispondenti a quattro intervalli di tempo ciascuno eguale a t,

Q il volume di acqua che si smaltisce nel tempo complessivo eguale a $4t$, si avrà

$$Q = 1{,}476\, m L E t\, [\sqrt{h_1} + \sqrt{h_5} + 4(\sqrt{h_2} + \sqrt{h_4}) + 2\sqrt{h_3}],$$

dalla quale formola ricavasi la regola

Che a conseguire il volume di acqua effluente in un dato tempo da un orifizio con carica in cima quando il livello del serbatoio sia variabile, osservati come si è detto i cangiamenti di livello; è d'uopo che si prenda la radice quadrata di ciascuna carica sul centro della luce;

Alla somma della maggiore e della minore di esse si aggiunga il quadruplo della somma delle radici quadrate delle cariche di ordine pari nella serie delle osservazioni, ed il doppio della somma delle radici quadrate delle cariche di ordine dispari nella stessa serie;

Si moltiplichi la somma totale per lo tempo impiegato fra due osservazioni, non meno che per l'area della luce, pel coefficiente della erogazione e per 1,476.

Nota. Codesta regola è applicabilcabile a qualsivoglia numero di osservazioni di altezze corrispondenti ad intervalli di tempi eguali di ordine pari, il che permette di ripetere le osservazioni per quanto il consenta l'importanza del caso. Nelle ordinarie emergenze basterà di avere cinque altezze siccome il suppone l'addotta formola.

Esempio. Qual è il volume di acqua che si smaltisce da una luce larga 1^m, alta $0^m,30$, nel corso di 3′, ammesso che il livello del liquido si riduca successivamente alle seguenti altezze al disopra del centro della luce?

Tempi	0″,	45″,	90″,	135″,	180″.
Cariche sul centro della luce	$1^m,30$,	$1^m,10$,	$0^m,81$,	$0^m,63$,	$0^m,46$.
Radici quadrate dalle caric.	1,138,	1,047,	0,900,	0,794,	0,678.

Il coefficiente della erogazione è $m = 0,\ 603$; il perchè la regola precedente dà

$$Q = 1,476 \times 0,603 \times 1^m \times 0^m,30 \times 45'' \left\{ \begin{array}{l} 1^m,138 + 0^m,678 + 4 \\ \times (1^m,047 + 0^m,794) \\ + 2 \times 0^m,900 \end{array} \right\} = 132^{mc}$$

53. Bocche ad emissario. Onde calcolare un volume liquido effluente in dato tempo da un emissario in cima del quale varia la carica durante l'efflusso, si osserveranno superiormente alla soglia dell'emissario, come esposto abbiamo al numero precedente, le successive altezze di livello corrispondenti ad eguali intervalli di tempo; e denominando

L la larghezza dell'emissario o stramazzo,

m=0,405, il valor medio del coefficiente della erogazione,

H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, le altezze successive del livello liquido al di sopra della soglia dello stramazzo corrispondenti ad intervalli di tempo ciascuno eguale a t,

Q il volume di acqua erogato nella complessiva durata $4t$. della osservazione ; ne conseguiterà

$$Q=0{,}598Lt[H_1\sqrt{H_1}+H_5\sqrt{H_5}+4(H_2\sqrt{H_2}+H_4\sqrt{H_4})+2H_3\sqrt{H_3}]$$

Donde trarremo la regola seguente:

Si moltiplichi ciascuna delle osservate altezze del livello liquido superiormente alla soglia dello stramazzo per la sua radice quadrata, e dando a codesti prodotti lo stesso ordine delle osservazioni, si congiungano il primo e l'ultimo, più quattro volte la somma di quelli di ordine pari, più due volte la somma di quelli di ordine dispari.

Si moltiplichi il totale per 0,598 della larghezza dello stramazzo e per la durata degli intervalli eguali scorsi tra le osservazioni :

Il prodotto esprimerà la desiderata erogazione.

Esempio. Qual è il volume di acqua effluente in 20′ da un emissario largo 15^m, ammesso che le altezze del liquido al di sopra della soglia si riducano ai seguenti valori

Tempo scorso....	0″,	300″,	600″,	900″,	1200″
Altezza del livello 1^m,	0^m,80,	0^m,62,	0^m,47,	0^m,33,	

Quindi si ha da prima

Valore di $H\sqrt{H'}$...1,	0,715,	0,487,	0,322,	0,189;	

dappoi la formola dà

$$Q=0{,}598\times15^m\times300''(1+0{,}189+4\times1{,}037+2\times0{,}487)$$
$$=16982^{mc}.$$

54. Osservazioni sulla misura delle altezze di livello. Se alcun ostacolo sorgesse nella misura delle altezze di livello dell'acqua corrispondenti ad intervalli di tempo eguali, si costruirà la curva per assegnazion di punti, mentre sarebbon le ascisse i tempi decorsi dal principio delle operazioni, e le ordinate rispettive le cariche corrispondenti a simili tem-

pi. Indi converrebbe dividere la durata complessiva in un numero pari di parti eguali, ed eleverebbonsi in ciascun punto di divisione le ordinate della curva la cui lunghezza sarebbe la carica successivamente corrispondente a ciascuno di cotesti intervalli di tempi eguali, e oprerebbesi in ordine ai valori di h nel modo che già dicemmo ai n[i] 52 e seguenti.

55. Orifizi sommersi. Accadendo che la luce di efflusso sia sommersa, si procederà in non dissimil guisa con osservare simultaneamente le altezze di livello di su e di giù ad intervalli di tempi uguali.

Conservando le precedenti significanze, e denominando H_1 e h_1, H_2 e h_2, H_3 e h_3, H_4 e h_4, H_5 e h_5, le altezze rispettive e simultanee dei livelli di su e di giù superiormente al centro della luce in intervalli di tempi ciascuno eguale a t, si verrà in chiaro dell' efflusso nel tempo complessivo delle osservazioni mediante la formola

$$Q = 1{,}476 mLEt \left[\sqrt{H_1-h_1}+\sqrt{H_5-h_5}+4\left(\sqrt{H_2-h_2}+\sqrt{H_4-h_4}\right) \right.$$
$$\left. 2\sqrt{H_3-h_3}\right]$$

la quale coincide evidentemente colla regola pratica del n° 25, in dove sostituiremo alla carica sul centro la differenza delle cariche di su e di giù dei due serbatoi.

Esempio. Qual è il volume di acqua effluente per le luci sommerse di due cateratte di una chiusa, essendo ciascuna larga $0^m,70$ ed alta $0^m,60$, nel corso di $5'$, ammesso che le altezze rispettive de'livelli di sopra e di sotto corrispondano simultaneamente ai seguenti valori?

Tempi		0″,	75″,	150″,	225″,	300″,
		m	m	m	m	m
Valori di..	H	2,00,	1,75,	1,33,	1,13,	0,94,
	h	0,65,	0,75,	0,83,	0,89,	0,94.

Si ha in conseguenza

	m	m	m	m	m
Valori di H-h...	1,35,	1,00,	0,500,	0,24,	0,
Valori di $\sqrt{H-h}$	1,16,	1,00,	0,706,	0,49,	0,

Ed essendo, come dianzi, per le luci contigue delle chiuse (n°.17), m = 0,55,

Si ha dalla formola

$$Q = 1,476 \times 2 \times 0,55 \times 0^{m},70 \times 0^{m},60 \times 75'' \left\{ \begin{array}{c} 1,16 + 4 \times 1,49 \\ + 2 \times 0,706 \end{array} \right\} = 432^{mc}.$$

56. Orifizio che smaltisce da prima all'aria libera e che vien poi sommerso. Incominciando la luce ad erogare all'aria libera e venendo indi ad essere sommersa, decorso un certo tempo, si calcolerà in sulle prime la erogazione relativa al periodo del versamento all'aria libera, prevalendosi della regola del n°.13 quante volte il livello del serbatoio resti sensibilmente costante, o della regola del n°.52, se il livello sia variabile. In seguito vi si aggiunge l'efflusso che ha luogo dal momento in cui la luce principia ad essere sommersa sino al termine dell' osservazione. La somma additerà il complessivo efflusso.

In questa ipotesi il disegno delle curve che offrono le altezze di livello, addotto al n°54, tornerà di vantaggio non lieve.

Esempio. Rinvenire il volume di acqua erogabile in 7′ da una luce larga $0^{m},75$, alta $0^{m},60$, sotto la carica costante di $1^{m},50$ sul centro di essa luce, la quale principia ad esser sommersa a capo di 3′, e per cui le cariche d'acqua sul suo centro dal lato di sotto corrente acquistano successivamente i seguenti valori:

Tempo decorso . . .	180″,	240″,	300″,	360″,	420″,
Cariche sul centro	$0^{m},30$,	$0^{m},61$,	$0^{m},85$,	$1^{m},15$,	$1^{m},50$.

Nel primo periodo in cui la luce non è sommersa, la erogazione, n°.13 e seguenti, viene espressa da

$$Q = 0{,}601 \times 0^m{,}75 \times 0^m{,}60 \sqrt{19{,}62 \times 1{,}50} \times 180'' = 265^{mc}.$$

Onde calcolare l'erogazione del secondo periodo, si ha

Valori di $H-h$. . . $1^m{,}200$, $0^m{,}890$, $0^m{,}650$, $0^m{,}350$, 0^m,
Valori di $\sqrt{H-h}$ . . 1,095, 0,944, 0,806, 0,592, 0,
e di conseguito

$$Q = 1{,}476 \times 0{,}601 \times 0^m{,}75 \times 0^m{,}60 \times 60'' (1{,}095 + 6{,}144 + 1{,}612) = 212^{mc}.$$

Quindi l'efflusso totale in 7′ è

$$Q = 265 + 212 = 477^{mc}.$$

57. Misura di una corrente la mercè dell' osservazione di una luce innanzi a cui varia il livello liquido. Va soggetta a lungherie l'aprimento di una luce col metodo di rendere costante il livello dell'acqua e procacciando che se ne esaurisca tutta la massa somministrata dalla mentovata corrente; nella quale emergenza si procede alla misura del prodotto della medesima con le regole dei n^i.13 e seguenti. Qualora non possa o non voglia attendersi che venga per tal modo stabilito il regime, si procederà come qui appresso.

Sollevasi la cateratta di una quantità tale che il volume di acqua effluente in ogni secondo sia maggiore del prodotto della sorgente, sì che venga a deprimersi il livello. Si segnano le altezze successive di codesto livello rispondenti ad intervalli di tempo eguali e si calcola il volume di acqua erogato durante il tempo totale dell' abbassamento col soccorso di quelle fra le formole dei n^i.52 e seguenti, le quali convengono al caso in esame.

In seguito, chiudesi ad un tratto la luce, e si passa ad osservare il tempo che addimandasi perchè il livello risalga alla stessa altezza ch'era in principio dell'operazione.

Ciò eseguito, denominando

Q il volume di acqua erogato perdurando tutto il tempo che la luce è rimasta aperta,

t la durata in secondi di tal periodo dell'efflusso,

t' il tempo in secondi che il livello ha speso a risalire alla sua primitiva altezza,

X il prodotto della sorgente in 1"; si otterrà

$$X = \frac{Q}{t+t'},$$

donde si raccoglie la regola che segue:

Si calcoli il volume di acqua erogato perdurando un certo tempo in cui il livello si deprime, con la regola dei ni. 25 e seguenti, e si divida esso volume per la durata totale dell'efflusso accresciuto del tempo speso dal pelo di acqua a riguadagnare la sua primitiva altezza sin dall'istante della chiusura della luce:

Otterremo nel quoto il prodotto del corso di acqua in 1".

Esempio. Nell'evenienza dei dati dell'esempio riportato al n° 52, qual sarebbe il prodotto della sorgente se il livello risalisse alla sua primitiva altezza in 2' ossia 120"?

Si ha $Q = 132^{mc}$, $t = 180''$, $t' = 120''$; laonde dalla regola che precede ricavasi il prodotto

$$X = \frac{132^{mc}}{300''} = 0^{mc},440 \text{ in } 1''.$$

58. Tempo necessario a vuotare una chiusa di navigazione od un ricinto a stagno. Essendo serrate le porte di sopra corrente e nulla l'acqua affluente, si calcolerà il tempo necessario a vuotare la chiusa sino ad un dato livello, mediante la formola in cui vien supposto l'efflusso all'aria libera,

$$t = \frac{0,451A}{ma}(\sqrt{H} - \sqrt{h})$$

e nella quale denotano

t la chiesta durata dell'abbassamento di livello,

A l' area costante del livello nella chiusa,

a la seziono della luce,

m il coefficiente dell'efflusso relativo a simile luce, d'ordinario per le chiuse uguale a 0,625 se vi ha una sola taleratta aperta, ed a 0,550 se ve ne son due contigue,

H ed *h* le altezze rispettive del livello in principio ed al termine dell'operazione.

Da codesta formola vien la regola

Che a calcolare il tempo necessario per vuotare una chiusa sino ad un dato livello attraverso una luce che versi all'aria libera,

Fa d'uopo che si moltiplichi l'area costante del livello liquido per 0,451, e si divida il prodotto per l'area della luce moltiplicato pel correlativo coefficiente della erogazione. Si moltiplichi inoltre il quoziente per la differenza delle radici quadrate delle altezze di livello superiormente al centro della luce in principio ed al termine dell'osservazione:

Nel risultamento si otterrà espresso in secondi il tempo addimandato.

Esempio. Diffinire il tempo necessario a vuotare una chiusa in ordine a cui si posseggono i dati qui appresso:

$$A = 220^{mq},\ H = 1^{m},20,\ h = 0^{m},30,\ a = 1^{mq},20 \text{ per}$$

due orifizi contigui, $m = 0,55$.

Dall'addotta regola si ritrae

$$t = \frac{0,451 \times 220^{mq}}{0,55 \times 1^{mq},2} (\sqrt{1,20} - \sqrt{0,30}) = 82'' = 1',22''.$$

59. Quando un ricinto a stagno venga alimentato da una corrente nel durar dell'efflusso. Se il bacino sia alimentato durante l'efflusso, denominando

Q il volume di acqua somministrato in un secondo dalla sorgente; e conservando le precedenti significanze, calcoleremo il vuotamento dello stagno con la formola

$$t = \frac{0,451A}{ma}(\sqrt{H}-\sqrt{h}) + \frac{0,235AQ}{m^2a^2}\log.\frac{ma\sqrt{2gH}-Q}{ma\sqrt{2gh}-Q},$$

dalla quale desumesi

Che per calcolare la durata del vuotamento di uno stagno alimentato dalla corrente di un dato prodotto, nota l'area dell'orifizio e l'altezza del livello in principio ed al termine dell'operazione,

Convien che si determini da prima per la regola del numero precedente la durata del vuotamento come se non vi foss'acqua affluente,

Si calcoli il volume di acqua che sgorgherebbe in 1'' dalla bocca erogatoria sotto la massima e la minima carica; dalle risultanze detraggasi il prodotto della corrente in 1'', e si prenda il logaritmo del rapporto dei due residui, il quale si moltiplichi pei 0,235 dell'area media del pelo fluido dello stagno e pel prodotto della corrente in 1'', dividendo il risultamento pel quadrato del prodotto dell'area della bocca e del coefficiente della correlativa erogazione:

Ciò che si ottiene espresso in secondi, cui si aggiunga la durata riferibile all'ipotesi di non esservi ulteriore afflusso di liquido, darà il tempo totale dell'esaurimento.

Esempio. Qual è la durata del vuotamento di uno stagno di dieci ettari o 100000^{mq} di superficie per mezzo di una bocca erogatoria larga 1^{m}, 30 ed alta 0^{m}, 60, con una carica sul centro della bocca di 2^{m} alla origine dell'efflusso e di 0,40 in fine, venendo lo stagno alimentato da una corrente la quale somministri 0^{mc}, 100 per minuto secondo?

Rispetto alla durata dell'esaurimento nella ipotesi che non siavi altr'acqua affluente, si avrà da prima

$$t = \frac{0,451 \times 100000^{mq}}{0,60 \times 1,30 \times 0,60}\left(\sqrt{2}-\sqrt{0,4}\right) = 75263'' = 1251'3''$$
$$= 20^{h}51'3''.$$

Il secondo termine o l' aumento di durata dell'esaurimento prodotto dall'afflusso del corso di acqua, pareggerà

$$\frac{0{,}235 \cdot 100000^{mq} \cdot 0^{mc}{,}100}{(0{,}60 \cdot 1{,}30 \cdot 0{,}60)^2} \log.$$

$$\frac{0{,}60 \cdot 1{,}30 \cdot 0{,}60 \cdot \sqrt{19{,}62 \cdot 2} - 0{,}100}{0{,}60 \cdot 1{,}30 \cdot 0{,}60 \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}40} - 0{,}100} = 3960''.$$

Laonde la durata totale sarà di $21^h\ 57'\ 3''$.

60. Osservazione sulla influenza dell' afflusso. Si osserverà che gli stagni vengono per solito alimentati da correnti assai deboli, e che nella più parte delle applicazioni potrà trasandarsi l'aumento di tempo prodotto dall'afflusso.

61. Durata dell'esaurimento laddove la bocca erogatoria sia a stramazzo. I serbatoi delle chiuse esaurisconsi per luci a stramazzo. In tal caso se non vi ha notevole alimentamento nel corso dell'efflusso, si calcolerà la durata dell'esaurimento col mezzo della formola

$$t = \frac{1{,}114 A}{L} \frac{\sqrt{H} - \sqrt{h}}{\sqrt{Hh}},$$

in dove denotano

A la superficie costante o media del serbatoio,

L la larghezza dell' emissario,

H ed h le altezze di livello del serbatoio superiormente alla soglia dell'emissario in principio ed al termine dell'efflusso. Ne trarrem la regola,

Di dividere la differenza delle radici quadrate delle cariche sulla soglia dell'emissario alla origine ed al termine dell'esaurimento per la radice quadrata del loro prodotto ; di moltiplicare il quoziente per 1,114 volte l'area del serbatoio, e di dividere il prodotto per la larghezza dell'emissario:

Il risultato espresso in secondi profferirà la durata dell' esaurimento.

dottare un valore costante, e si calcolerà successivamente la durata della depressione anzidetta da una sezione all'altra. La somma di codeste durate parziali darà il tempo complessivo dell'esaurimento: metodo ch'è applicabile non meno alle chiuse che agli stagni ed a qualsiasi altro genere di bocca erogatoria.

64. Del come si debba regolare l'esaurimento degli stagni. Trattandosi di vuotare gli stagni, fa d'uopo praticare l'aprimento delle bocche in guisa che le convalli ed i terreni sottoposti non vengano inondati e si avveri frattanto l'efflusso nel più breve tempo possibile. Al che perverremo eseguendo la livellazione del terreno soggiacente, misurando lo sviluppo ed il profilo coacervato del canale di discarico ov'esista, e calcolando col sussidio delle regole e formole dei ni 28 e seguenti, la quantità di liquido in un canale senza che le adjacenze ne rimangano dilagate.

Indi si darà alla bocca di erogazione una larghezza a un dipresso eguale a quella del canale se non ne seguano dimensioni eccedenti, comechè talvolta codesta larghezza sia data a priori in ambi i rammentati casi. Essendo noto questo lato della bocca, si viene allogando la soglia quasi a livello del fondo del canale e della cunetta dello stagno; inseguito si divide l'altezza totale dell'abbassamento che vuolsi ottenere, in parti eguali di $0^m, 10$ a $0^m, 20$ pei simili stagni di una grande ampiezza, di $0^m, 30$ a $0^m, 50$ circa pei piccoli. Determineremo rispetto a ciascuno di còdesti abbassamenti parziali l'ampiezza media dell'area del livello, e prevalendosi della formola

$$Q = m\text{LE}\sqrt{2gH},$$

o della regola del n° 13, otterremo

$$E = \frac{Q}{m\text{L}\sqrt{2gH}}.$$

e conosceremo a un dipresso in ordine all'altezza massima del livello corrispondente a ciascuna sezione, di quanto si debba sollevare la cateratta onde la erogazione per la bocca in 1'' sotto una carica supposta costante si avveri per un volume di liquido smaltibile dal canale di scarico.

L'addotta formola di cui son noti i simboli equivale alla regola,

Che a determinare di quanto si debba sollevare la cateratta per ciascuna delle successive altezze di livello, conviene che si moltiplichi la velocità riferibile all'altezza del pelo superiormente alla soglia della bocca per la larghezza di essa bocca e pel coefficiente della erogazione;

Per lo prodotto si divida il volume di acqua che può il canale smaltire in 1'', e nel quoziente si avrà quanto è di ragione.

Con la ottenuta altezza di luce, il volume liquido che realmente scapperà fuori sarà sempre un pò meno di quello cui è dato al canale di smaltire.

Sarà dappoi molto lieve applicando le regole dei n^i 58 e 60, di calcolare la durata dell'efflusso di ciascuna sezione orizzontale, la cui somma darà la complessiva durata dell'esaurimento.

Quante volte la durata così asseguita sorpassasse quella che conviene adottare, farebbe d'uopo accrescere le dimensioni del canale di scarico.

Daltronde la regola per noi additata è applicabile in tutte le simili emergenze, vi sia o no alimentamento di acqua.

Esempio. Il canale di scarico di uno stagno con una superficie di 200 ettari offre la larghezza di 2^m, 20, e la profondità media di 1^m. La pendenza dell'alveo è di 2^m sopra 1800^m di sviluppo longitudinale ovvero di 0^m,0011 per metro lineare.

La formola del n.° 28 relativa allo stabilimento del regime uniforme del canale, dà per la velocità media dell'acqua

$$U = -0^{m},072 + 56,86\sqrt{\frac{2^{mq},20}{4^{m},20} \times 0,0011} = 1^{m},288,$$

per effetto della quale lo smaltimento cui dà luogo senza traboccare è per ogni secondo

$$Q = 2^{mq},20 \times 1^{m},288 = 2^{mc},83.$$

Dalla disposizione della bocca di efflusso risulta il coefficiente della erogazione $m = 0,62$. Dividendo il volume di acqua contenuto nello stagno in sezioni di $0^{m},15$ di spessezza, e calcolando le alzate di cateratta con la regola del numero precedente sino àl punto in cui la luce trasformasi in emissario, si è pensato di porre insieme lo specchio che quì appresso si scorge il quale comprende i dati e le risultanze del calcolo.

ALTEZZE di livello al di sopra della soglia rispondenti ai limiti di ciascuna sezione.	AMPIEZZE delle superficie medie di livello.	ALZATE di cateratta o altezze della luce.	CARICHE sul centro della luce rispondenti al livello.		DURATA dell' esaurimento di una sezione ad un' altra	
			superiore H	inferiore *h*	in secondi	in giorni
m m	mq	m	m	m	"	i
3,10 a 2,95	2000000	0,531	2,835	2,685	64000	0,741
2, 95 a 2, 80	2000000	0,544	2,678	2,528	65500	0,755
2, 80 a 2, 65	2000000	0,558	2,521	2,371	67800	0,785
2, 65 a 2, 50	2000000	0,573	2,364	2,214	72700	0,842
2, 50 a 2, 35	2000000	0,590	2,205	2,055	75700	0,876
2, 35 a 2, 20	2000000	0,609	2,046	1,896	78700	0,911
2, 20 a 2, 05	2000000	0,630	1,885	1,735	81500	0,941
2, 05 a 1, 90	1995000	0,652	1,724	1,574	85700	0,992
1, 90 a 1, 75	1990000	0,672	1,564	1,414	88200	1,021
1, 75 a 1, 60	1985000	0,707	1,397	1,247	93900	1,087
1, 60 a 1, 45	1980000	0,739	1,231	1,081	99400	1,150
1, 45 a 1, 30	1972000	0,775	1,063	0,913	17700	1,248
1, 30 a 1, 15	1964000	0,822	0,889	0,739	17000	1,355
1, 15 a 1, 10	1960000	0,872	0,714	0,560	41300	0,479
Durata totale dell' abbassamento del livello di $3^{m},10$ a $1^{m},10$ superiormente alla soglia						13,173

Nel raggiungere che farà il livello dell' acqua l'altezza di $1^m,10$ al di sopra della soglia, la luce si tramuterà in emissario a fior d'acqua, e calcolando con la formola del n° 61, le durate degli efflussi relativi alle sezioni di $0^m,15$ di spessore sino all' altezza di $0^m,35$ superiormente alla soglia, ossia a livello presso a poco del fondo della cunetta, e nell'istante in cui potrà lo stagno risguardarsi come esaurito, si avranno i dati e le risultanze seguenti:

CARICHE sulla soglia dello stramazzo corrispondenti ai vari livelli dell' acqua.		AMPIEZZA delle superficie medie di livello	DURATA dell' esaurimento di una sezione	
Superiore H	Inferiore h		In secondi	In giorni
m	m	mq	"	g
1,10 a	0,95	1900000	136000	1,572
0.95 a	0,80	1400000	129500	1,520
0.80 a	0,65	900000	112800	1,309
0,65 a	0,50	400000	70500	0,817
0,50 a	0,35	15000	41700	0,525
Intera durata dell' abbassamento del livello di $1^m,10$ a $0^m,35$ al di sopra della soglia.				5,743

Quindi la intera durata dell' esaurimento dello stagno sarà eguale a

$$13^g,173 + 5^g,743 = 18^g,916.$$

Siffatta applicazione è relativa all' esaurimento di uno stagno la cui durata venne prestabilita con decisione della Corte reale di Colmar a tre settimane, in seguela di un lungo e dispendioso litigio che certo sariasi evitato laddove sin dal bel principio adottato si fosse un analogo regolamento.

65. Altezza per la quale si abbassa il pelo dell'acqua di un serbatoio in un dato tempo. Volendo cal-

colar l'altezza per cui viene a deprimersi il pelo dell'acqua in un bacino prismatico in dato tempo, ammesso che non venga ulteriormente alimentato, noi la determineremo per le luci con carica in sulla cima, mediante la formola

$$H - h = \frac{tma}{A}\sqrt{2g}H - 4,904\frac{t^2m^2a^2}{A^2},$$

di cui son note tutte le significanze o valori (n.° 58), e la quale manoduce alla regola seguente:

Si moltiplichi l'area della luce per lo coefficiente della erogazione e pel tempo dell'efflusso, e si divida il prodotto per l'area del serbatoio;

Si moltiplichi il quoziente per la velocità relativa alla carica sul centro della luce all'origine del tempo osservato;

Si elevi inseguito a quadrato esso quoziente e si moltiplichi per 4,904;

Si deduca questo prodotto dal precedente, e nel resto otterremo la quantità per la quale si viene abbassando il livello in un dato tempo.

Esempio. Qual sarà l'altezza per cui varierà il livello dell'acqua in 2′ o 120″ in una conserva prismatica di 250^{mq} di superficie, avente due luci $0^{mq},30$ ampie, con una carica di $1^m,80$ sul centro, all'origine dell'efflusso?

Il coefficiente dell'erogazione per codeste due luci contigue sarà $m = 0,55$. Quindi si ha

$$\frac{tma}{A} = \frac{120 \times 0,55 \times 2 \times 0^{mq},30}{250^{mq}} = 0,1584.$$

e dalla formola risulta

$$H - h = 0,1584 \times 5,95 - (0,1584)^2 \times 4,904 = 0^m\ 819.$$

66. Luci in forma di emissarî a fior d'acqua, o stramazzi. Canaletti d'inondazione. Per le luci in forma di stramazzi si calcolerà l'abbassamento che accade a capo di un dato tempo la mercè della formola

$$H-h=H\left\{1-\frac{1}{\left(1+\frac{t.0.202L\sqrt{2gH}}{A}\right)^2}\right\},$$

nella quale son del pari noti i valori dei simboli, ed elfa traducesi come segue.

Si moltiplichino i 0,202 *della velocità relativa all' altezza di livello superiormente allo stramazzo in origine del tempo osservato per la larghezza dello stramazzo e pel tempo trascorso, dividendone il prodotto per l' area del serbatoio;*

Si aggiunga il quoziente all' unità, si faccia il quadrato della somma e dividasi per esso l' unità;

Si sottragga codesto quoto dalla unità e si moltiplichi il resto per l' altezza di livello superiormente allo stramazzo in origine dell' osservazione:

Il prodotto dinoterà la depressione di livello che avviene nel dato tempo.

Esempio. Di quanto si abbasserà in 1^{ora} o 3600″ il livello del serbatoio di una chiusa o conserva la cui superficie sia di 25000^{mq} avvenendo l'efflusso per una luce in forma di stramazzo larga 12^m con una carica di $1^m,80$ all' origine?

Dalla formola si ha

$$H-h=1^m,80\left\{1-\frac{1}{\left(1+\frac{3600.0,202.12\sqrt{19,62.1,80}}{250000}\right)^2}\right\}$$
$$=0^m,563.$$

67. Osservazione relativa ai bacini le cui sezioni orizzontali non abbiano un'ampiezza costante. Se l'ampiezza di una superficie di livello varia notabilmente durante l'efflusso, converrà scindere la durata in assai brevi intervalli, perchè si venga abilitato di considerare l'area nelle formole dei due numeri precedenti sensibilmente costante in ordine a ciascuno di simili intervalli.

68. Tempo che si richiede a riempiere una chiusa; chiuse doppie di navigazione. Nelle chiuse doppie di navigazione il bacino superiore si vuota nell'altro che gli è sottoposto senza che abbia luogo verun alimentamento, e calcoleremo il tempo che si richiede perchè i due bacini si riempiano allo stesso livello per le regole seguenti.

69. Luci sommerse fin dalla origine dell'efflusso. Se la luce si trova sommersa fin dall'origine dell'efflusso, denominando (*fig.* 17).

A ed A′ le ampiezze costanti dei bacini superiori ed inferiori,

H′ ed h' le altezze di livello al di sopra del centro della luce sopra e sotto corrente rispetto all'origine,

a l'area della luce o la somma delle aree delle bocche erogatorie se ve n'ha due,

m il coefficiente dell'erogazione (n°, 12 e seguenti).

Si verrà in chiaro del tempo richiesto perchè l'acqua ne' due bacini pervenga allo stesso livello, col mezzo della formola

$$t = \frac{0{,}451\,\mathrm{A}A'}{ma\sqrt{\mathrm{A}+\mathrm{A}'}}\sqrt{\mathrm{H}'-h'},$$

la quale traducesi nella regola quì appresso.

Si moltiplichi l'area del bacino superiore per quella del bacino inferiore, e si prendano i 0,451 del prodotto;

Si moltiplichi l'area della luce pel coefficiente della erogazione e per la radice quadrata della somma dell'aree dei bacini;

Si divida il primo prodotto pel secondo e se ne moltiplichi il quoto per la radice quadrata della differenza dei livelli di su e di giù all'origine dell'osservazione:

Sarà il risultato il tempo che si richiede onde il livello dell'acqua si stabilisca alla stessa altezza dei due bacini

Esempio. Rispetto alla doppia chiusa di Bayard a Tolosa si hanno i seguenti dati:

$A = 205^{mq}, A' = 215^{mq}, a = 1^{mq},249,\ m = 0,55, H' = 4^{m},14,\ h' = 0^{m},24;$

il perchè caviam dalla formola

$$t = \frac{0,451 \times 205^{mq} \times 215^{mq}}{0,55 \times 1^{mq},249\sqrt{205^{mq}+225^{mq}}} \times \sqrt{4,14-0,24} = 137'' = 2'17''.$$

L'osservazione diretta ha dato 2′ 29″, e la differenza proviene dal tempo impiegato a trarre su le cateratte, per quel che dal d'Aubuisson, Trattato d' idraulica, pag. 99, si afferma.

70. Quando la luce di efflusso non sia sommersa fin dalla origine. Quante volte la luce di efflusso che versa le acque dal bacino superiore nel sottoposto non si ritrovi fin dalla origine sommersa, tuttochè (*fig. 18*) il livello di quest'ultimo veggasi al di sotto della soglia nell'istante in cui principia l'efflusso, determineremo il tempo scorso da codest'istante fino a quello in cui l'apertura venga a sommergersi mediante la formola

$$t = \frac{0,451\sqrt{A}}{ma}\left[\sqrt{AH'} - \sqrt{AH' - A'\ (h'+h)}\right]$$

in dove A, A′, H′, m, ed a ritengono le già additate significanze, ed in cui contrassegneremo con

h' l'altezza di livello del bacino sottoposto al di sotto della soglia in origine dell'efflusso,

h la semialtezza della luce.

Donde conseguita la regola

Che convien moltiplicare la radice quadrata dell'area del livello del bacino superiore per 0,451, e dividere il risultato pel prodotto dell'area della luce e del coefficiente dell'erogazione;

Indi fattosi il cubo del volume di acqua contenuto nel bacino superiore a contare dal centro della luce non che di quello che fluir debbe nel bacino inferiore perchè se ne elevi il li-

vello sino all'altezza del centro dell'orifizio; si deduca il secondo volume dal primo, e si estragga dal residuo la radice quadrata ;

Si desuma inoltre codesta radice da quella del volume compreso nel bacino superiore all'origine, e si moltiplichi il residuo pel quoziente della prima operazione:

Il risultamento esprimerà in minuti secondi il tempo necessario onde il livello del bacino soggiacente si elevi all'altezza del centro della luce che si considererà come sommersa in tal momento.

A partire adunque da siffatto istante noi calcoleremo il tempo che a seconda della regola del n.° 68 si richiede a riempiere la chiusa inferiore.

Esempio. Qual tempo nella chiusa di Bayard richiederebbesi perchè il livello della chiusa inferiore ch'è $0^m,30$ sottoposto al centro della luce si elevasse sino al lato superiore della medesima, essendo la luce alta $0^m,70$? Avremo h'—$0^m,65$; e la formola precedente darà

$$t=\frac{0,451\times\sqrt{205}}{0,55\times 1^m,249}\left(\sqrt{205\times 4,14}-\sqrt{205\cdot 4,14-215\cdot 0,65}\right)$$
$$=23'',6.$$

71. Tempo occorrevole a riempiere una chiusa col soccorso di un serbatoio di livello costante. Non trovandosi la luce sommersa fin dall'origine dell'efflusso, si verrà da prima in chiaro del tempo che abbisogna onde il pelo del liquido della chiusa pervenga fino al centro della luce , mediante la formola

$$t=\frac{Ah'}{ma\sqrt{2gH}},$$

in cui

A dinota l'area del livello liquido nella chiusa ,

h' l'altezza dell'acqua della chiusa all'origine del moto dal centro della luce in su

m il coefficiente della erogazione relativo alla luce ,

H l' altezza costante dell' acqua nel serbatoio superiormente al centro delle luce ,

$2g = 19^{m}, 62.$

Donde si ricava

Che fa d' uopo moltiplicare l' area del livello liquido della chiusa per l' altezza di esso livello inferiormente al centro della luce, e dividere il volume che se ne ottiene per quello che in 1'' *scappa fuori sotto la carica costante del serbatoio superiormente al centro della luce :*

Nel quoziente si avrà il tempo espresso in minuti secondi, il quale si richiede per elevare la superficie fluida della chiusa all' altezza del centro dell' orifizio.

Ciò premesso , serbando le precedenti significanze , determineremo il tempo che occorrerà onde l' acqua s' innalzi dal centro della luce fino all' altezza generale del serbatoio , mediante la formola

$$t = \frac{0,451A}{ma} \sqrt{H},$$

la quale importa

Che debbansi dividere i 0,451 *dell' area dell' acqua della chiusa pel prodotto dell' ampiezza della luce o delle luci pel coefficiente detla erogazione, e moltiplicare il quoziente per la radice quadrata dell' altezza dell' acqua del serbatoio superiormente al centro della luce :*

Il prodotto esprimerà in minuti secondi il tempo necessario a riempiere la chiusa fino al livello del serbatoio, a noverar dall' istante in cui l'acqua ha tocco il centro della luce.

Esempio. Diffinire il tempo che si richiede per riempiere una chiusa in cui l'acqua sulle prime si trovi a livello della soglia della luce , la quale sia $0^{m},65$ alta e debba spingersi sino a $2^{m}, 25$, altezza costante dell'acqua nel serbatoio superiermente al centro della luce, e per cui si abbiano

$A = 325^{mq}$, $2a = 1^{mq},258$, $m = 0,55$.

Avremo innanzi tratto, a partire dal principio dell'efflusso sino all' istante in cui l'acqua raggiunge il centro della luce

$$t = \frac{325^{mq} \times 0^{m},325}{0,55.1^{mq},258\sqrt{19,62 \times 2,^{m}25}} = 23'',$$

e da un tal momento insino a quello in cui ritrovansi i livelli alla stessa altezza ;

$$t = \frac{0,451 \times 325^{mq}}{0,55 \times 1^{mq},258} \sqrt{2^{m},25} = 317''.$$

Per la qual cosa, il riempimento della chiusa accadrà in

$$23'' + 317'' = 340'' = 5'\ 40''.$$

DEL MOTO E DELLA ESPANSIONE DEI GAS.

72. Misura della pressione dei gas e dei vapori. Onde calcolare il volume di gas che scappa fuori da una data luce, fa d' uopo conoscere la pressione che siffatta sostanza esercita. Adoperasi a tal fine un tubo, ricurvo *(fig. 19)* in forma di sifone rovescio in cui si versa dell'acqua quante volte la pressione da misurare sia debole, o del mercurio laddove sia questa considerabile. E denominando

P la pressione interna nel recipiente, ovvero nel condotto in cui va a sboccare il tubo del manometro, sur un centimetro quadrato,

p la pressione esterna, ovvero quella dell'aria atmosferica parimenti su di un centimetro quadrato,

h l' altezza della colonna liquida, la quale misura la differenza di codeste pressioni in metri : avremo ad esprimere la differenza delle pressioni P *e p*, le relazioni

$P - p = 0^{chil}\,1h$, se il liquido sia l' acqua,

$P - p\ 1^{chil},3598h$, laddove il liquido sia il mercurio.

La pressione atmosferica misurata con una colonna di mercurio di $0^m,76$ pareggiando $1^{chil}\,3598 \times 0,76 = 1^{chil},0333$ per centimetro quadrato,

Otterremo la pressione P del gas nell' interno la mercè della formola,

$P = 1^{chil},0333 + 0^{chil},1h$ se il liquido sia l' acqua.

$P = 1^{chil},0333 + 1^{chil},3598h$ *id.* il mercurio.

Da codeste formole tragghiam la regola

Che a determinare l'eccesso della pressione di un gas in una capacità qualunque sulla pressione atmosferica, convien moltiplicare l'altezza espressa in metri del liquido la quale misura nel manometro la differenza di pressione, per

$0^{chil},10$ *se il liquido sia l'acqua,*
$1,2598$ *se il liquido sia il mercurio*

Il prodotto additerà la richiesta differenza di pressione espressa in chilogrammi sur un centimetro quadrato.

Esempio. Diffinire la pressione interna dell'aria in un cilindro di macchina soffiante ammesso che il manometro a mercurio presenti una differenza di livello di $0^m, 06$.

Relativamente all'eccesso della pressione interna su quella dell'aria atmosferica, si ha dalla formola

$$P - p = 1^{chil},3598 \times 0,06 = 0^{chil},0816;$$

il perchè risulta la interna pressione

$$P = 1^{chil},0333 + 1^{chil},3598 \times 0,06 = 1^{chil},1149$$

per centimetro quadrato;

73. Valore delle pressioni espresse in atmosfere. È invalso l'uso di comparare le pressioni dei gas, e segnatamente quelle dei vapori alla pressione atmosferica che per tal effetto si assume ad unità di misura.

Dividendo il valore della pressione del vapore espresso in chilogrammi desunto dalla formola precedente, per 1, 0333, ovvero l'altezza della colonna di mercurio che la misura per 0,76, il quoziente additerà il numero di pressioni atmosferiche le quali pareggerebbero la misurata pressione.

Esempio. Venendo la pressione del vapore in una caldaia misurata da una colonna di mercurio di $1^m,90$ al disopra di

quella dell'aria, l'eccesso di pressione di esso vapore sulla pressione dell'aria agguaglia

$$\frac{1,90}{0,76} = 2,5 \text{ atmosfere },$$

e la pressione effettiva del vapore della caldaia pareggia

$$\frac{1,90+0,76}{0,76} = 3,5 \text{ atmosfere.}$$

74. **Misura della pressione esercitata sur una data superficie.** Nota la pressione sur un centimetro quadrato, se essa vien moltiplicata pel numero di centimetri quadrati contenuti in una data superficie, otterremo la pressione su di questa rispondente. Per tal guisa conseguiremo la pressione sul metro quadrato moltiplicando per 10000 quella che vien sorretta da ciascun centimetro quadrato.

Nell'esempio precedente l'eccesso della pressione interna sulla pressione esterna era di $1^{mq} = 10000 \times 0^{chil},0816 = 816^{chil}$.

75. **Manometro a lungo tubo.** In alcuni opifici a vapore per misurare la tensione del fluido si adoperano dei manometri simili a quelli della fig. 19, ma composti di un lungo tubo di ferro *(fig. 20)* nel quale il mercurio può elevarsi a parecchi metri di altezza, il che permette di estimare altresì le pressioni di più atmosfere. Un galleggiante sospeso ad un filo e che passa sur una girella ondeggia sulla colonna di mercurio, ed un indice legato all'altra estremità del filo percorre una scala in dove leggesi l'altezza cui giunge il mercurio, o a dir meglio la pressione del vapore.

76. **Manometro ordinario delle macchine ad alta pressione.** Il manometro più generalmente in uso nelle macchine a vapore consiste, come è noto, in un tubo chiuso sul capo superiore, è immerso coll' altro in una vaschetta contenente il mercurio *(fig. 21)*.

L'istrumento vien d'ordinario graduato in maniera che il mercurio contenuto nel tubo sia a livello di quello del bacino, tutte le volte che l'aria nell'interno di esso tubo si trovi alla temperatura media di 10° e sotto una pressione atmosferica del pari media. Denominando adunque

p' la pressione dell'aria nell'atto che l'istrumento è stato graduato per solito eguale a $1^{chil},0333$,

t' la temperatura media nello stesso istante e che può supporsi eguale a 10°,

t la temperatura della capacità in cui sta il manometro,

h' l'altezza occupata dall'aria nel tubo al momento dell'osservazione,

h l'altezza cui il mercurio è asceso superiormente al livello del bacino,

x la pressione dell'aria compressa nel tubo, si avrà da prima

$$x = \frac{h+h'}{h'} \frac{1+0,00375t'}{1+0,00375t} p',$$

e la pressione P del gas o del vapore si rinverrà mediante la formola

$$P = x + 1^{chil},3598h.$$

Or le addotte due formole dan luogo alla regola,

Che convien moltiplicare la temperatura alla quale è stato graduato l'istrumento per 0,00375, accrescere il prodotto di una unità, e moltiplicare eziandio la temperatura dell'ambiente in cui trovasi il manometro per 0,00375 ed accrescere dell'unità il prodotto. Si determina il rapporto della prima somma alla seconda, e lo si moltiplichi per quello che havvi tra l'altezza totale del tubo superiormente al livello della vaschetta, e l'altezza del mercurio nel tubo a partire dallo stesso livello;

Si moltiplichi il prodotto per la pressione atmosferica, ed il risultamento additerà la pressione dell'aria contenuta nel tubo del manometro

Si aggiunga a codesta pressione il prodotto dell'altezza della colonna di mercurio superiormente al livello della vaschetta per 1,3598, e la somma sarà la pressione del vapore nella caldaia per ogni centimetro quadrato.

Nota. Se nel tubo si scorgesse una piccola colonna d'acqua galleggiante sul mercurio, converrebbe diminuire h' dell'altezza di tale sezione, ed aggiungerne il peso a quello della colonna di mercurio. Nel qual caso farebbe d'uopo accrescere la pressione dell'aria contenuta nel tubo, di quella del vapore di acqua alla temperatura t della capacità.

Esempio. Qual è la pressione del vapore in una caldaia il cui manometro somministri le seguenti indicazioni?

$$h = 0^{m},16, \qquad h' = 0^{m},30, \qquad t' = 10^{\circ}, \qquad t = 30^{\circ}.$$

La prima formola dà

$$x = \frac{0,46}{0,30} \times \frac{1+0,0375}{1+0,1125} 1^{chil},033, = 1^{chil},475$$

e la seconda

$$P = 1^{chil},475 + 1^{chil},3598 \times 0,16 = 1^{chil},692.$$

77. Determinare la tensione del vapore col mezzo delle valvole di sicurezza. Qualora non si avessero manometri, si avrà ricorso alle valvole di sicurezza, notando l'istante in cui restano esse in equilibrio sotto l'azione del vapore e del peso corsojo sospeso al vette, comechè assai imperfetto si reputi un tal mezzo. In allora *(fig. 22)* denominando

g il peso corsojo sospeso al vette,

o la superficie interna della valvola esposta all'azione del vapore considerata in centimetri quadrati,

r il raggio degli orecchioni del vette di pressione,

f il rapporto dell'attrito alla pressione rispetto agli orecchioni del vette e dei loro cuscinetti *(n.° 225)*,

l la distanza orizzontale fra'l punto di pressione del vette sulla valvola e'l piano che passa per l'asse degli orecchioni,

L l'analoga distanza del peso corsojo q,

$p = 1^{chil},0333$ la pressione atmosferica:

Conseguiremo la pressione P del vapore nella caldaia la mercè della formola

$$P = p + \frac{q(L-fr)}{o\,(l+fr)},$$

la quale mena alla regola,

Che convien moltiplicare il raggio dell'orecchione del vette pel rapporto dell'attrito alla pressione rispetto agli orecchioni ed ai loro cuscinetti, e sottrarre esso prodotto dalla distanza L *fra'l peso corsojo e l'asse di rotazione; aggiungere lo stesso prodotto alla distanza* l *del punto di pressione del vette sulla valvola sino all'asse di rotazione. Prendere il rapporto della precedente differenza a questa somma, e moltiplicarlo per quello del peso corsojo espresso in chilogrammi alla superficie interna* o *della valvola espressa in centimetri quadrati. Si aggiunga il prodotto alla pressione atmosferica, e la somma che ne caveremo additerà la pressione del vapore nella caldaia.*

Esempio. La superficie interna di una valvola di sicurezza sia di 12 centimetri quadrati. E sia

$q = 6^{chil}$, $L = 0^m,45$, $f = 0,08$, $r = 0^m,005$, $l = 0^m,08$.

La formola porge

$$P = 1^{chil},033 + 2^{chil},795 = 3^{chil},828 = 3^{atm},829.$$

78. Densita' del vapore. Conoscendosi la pressione P e la temperatura t di un gas o di un vapore, se ne dedurrà

facilmente la sua densità d o il peso dei metro cubo con le formole,

Per l'aria atmosferica $d=\frac{1,2572P}{1+0,00375t}$,

Pel vapore d'acqua $d=\frac{0,7827P}{1+0,00375t}$,

dalle quali si ricava

Che a calcolar la densità dell'aria o del vapore di acqua, fa d'uopo moltiplicare la pressione espressa in chilogrammi su di un centimetro quadrato, rispetto all'aria per 1,2572, rispetto al vapore d'acqua per 0,7827, e dividere il prodotto per l'unità accresciuta di 0,00375 volte la temperatura in gradi centigradi: nel risultato si otterrà in chilogrammi il peso del metro cubo.

Esempio. Qual'è la densità dell'aria alla temperatura $t=10°$ ed alla pressione $P=1^{chil},115$?

La formola dà

$$d=1^{chil},350.$$

79. Velocita' media con cui un gas od un vapore vien fuori da un orificio. Pervenuti a conoscere, osservando il manometro, l'eccesso $P-p$ della pressione interna di un gas contenuto in un serbatoio sulla pressione di un'altra conserva in cui passa, o sulla pressione atmosferica se l'efflusso abbia luogo all'aria libera, determineremo la velocità dell'efflusso la mercè della formola

$$V=\sqrt{2g\frac{P-p}{d}},$$

Nella quale

$g = 9^m,8088$
P è la pressione interna } sur un metro quadrato.
p la pressione esterna

d la densità del gas, od il peso del metrocubo, determinata come vien detto al n. 78.

Prevalendosi del manometro a mercurio, potrassi all'addotta formola sostituire l'altra

$$V=\sqrt{2g\frac{13598}{d}h}=\sqrt{\frac{266760h}{d}},$$

donde raccogliesi

Che a determinar la velocità con cui un gas effluisce dall' orifizio di un recipiente,

Convien moltiplicare l' altezza della colonna del mercurio che misura in metri la differenza di pressione dell'interno all'esterno per 266760, e dividere il prodotto per la densità del gas determinata con la formola del n. 78.

La radice quadrata del quoziente sarà la chiesta velocità.

Nota. L'addotta regola è solo applicabile alle ordinarie occorrenze in cui la pressione esterna non sorpassi la interna pressione che di $1/4$ ad $1/5$ al più.

Esempio. Qual'è la velocità di uscita dell'aria che si diffonde da un condotto in cui l'eccesso della pressione interna sulla pressione atmosferica esterna vien misurata da una colonna di mercurio $h=0^{m},06$, e la cui temperatura t pareggia 10°?

Si rinverrà da prima con la regola del n°. 78, $d=1^{chil},350$, e la formola dianzi darà,

$$V=108^{m},8.$$

80. Volume di aria effluente da un'apertura di data superficie. L'erogazione teorica od il volume di gas o di vapore ch'effluirebbe da un'apertura di assunte dimensioni, prescindendo dagli effetti della contrazione si conoscerà con la formola,

$$Q = AV,$$

in dove

A rappresenta l'area dell'apertura in metri quadrati,

V la velocità per secondo, in metri,

e la quale conduce alla regola

Che convien moltiplicare l' area dell' apertura per la velocità di efflusso determinata dalla regola del precedente n.° 79,

Nel prodotto si conseguirà la chiesta erogazion teorica.

Onde ottener poi l' efflusso effettivo fa d' uopo moltiplicare la erogazion teorica per

0,61 ove la contrazione sia intera,

0,84 se l'apertura termina con un tubo cilindrico addizionale,

0,96 se l'apertura trovasi all'estremità di una doccia conica adattata alla conduttura nel modo che generalmente si usa.

Esempio. Diffinire il volume di aria che sbocca per un orifizio di $0^m,034$ di diametro all'estremità di un tubo conico per alti fornelli da fucina, venendo misurato l'eccesso della pressione interna sulla pressione dell'aria nella conduttura, mediante una colonna di mercurio di $0^m,06$, ed essendo la temperatura di 10°.

Caviam dalla formola del n. 79 in ordine alla velocità di efflusso

$$V = 108^m,8 \text{ in } 1'';$$

il perchè il volume di aria erogato in 1'' sarà

$$Q = 0,96 \times 0^{mq},00091 \times 108^m,8 = 0^{mc},095.$$

81. Quando siasi considerata la pressione ad una ragguardevole distanza dall' orifizio della conduttura. Quante volte siasi osservata la pressione col mezzo di un manometro in un punto della conduttura assai lungi dalla e-

stremità perchè la resistenza delle pareti esercitar possa una significante influenza, si verrà in chiaro della velocità nel sito dell'orifizio all'estremo della condottura supposta circolare e senza ristringimento come per solito accade, mediante la formola

$$V=\sqrt{\left(\frac{2g\,(P-p)}{d\left(1+\frac{0{,}0252Lm^2D'^4}{D^5}\right)}\right)}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{266760h}{d\left(1+\frac{0{,}0252Lm^2D'^4}{D^5}\right)}\right)},$$

in dove

P-p rappresenta altresì l' eccedenza della pressione interna sulla esterna riferibile al metro quadrato ed uguale a 13598 h, essendo *h* la colonna di mercurio che misura codesta differenza di pressione, *d* la densità od il peso del metro cubo del gas alla pressione P, L la lunghezza della condottura in metri, D il diametro della medesima in metri, D' il diametro dell' orifizio in metri, *m* il coefficiente dell' erogazione relativo ad esso orifizio.

Desumeremo da siffatta formola la regola,

Che per conoscere la velocità con cui l' aria sbocca dall'estremità di una condutiura in cui si sia misurata la pressione ad una grande distanza dall' orifizio,

Convien moltiplicare la lunghezza in metri del condotto per 0,0252, *non che pel quadrato del coefficiente dell' erogazione riferibile all' orifizio* (n.° 80) *e per la quarta potenza del diametro di esso orifizio, dividendo il prodotto per la quinta potenza del diametro del conduttura ;*

Si aggiunga al quoziente l'unità e si moltiplichi la somma pel peso del metro cubo del gas calcolato con la regola del n.° 78 ;

Si moltiplichi l' altezza della colonna di mercurio che mi-

sura l'eccesso della interna pressione sulla pressione esterna per 266760 , *e se ne divida il prodotto pel precedente :*

La radice quadrata del quoziente esprimerà la chiesta velocità.

Esempio. Diffinire il volume di aria alla temperatura di 10° il quale sbocca per un orifizio di $0^m,06$ di diametro, sito all'estremità di una conduttura lunga 100^m e con un diametro di $0^m,25$, all'origine della quale venga la differenza di pressione misurata con una colonna di mercurio di $0^m,06$.

Tragghiamo dalla formola precedente

$$V=\sqrt{\left(\frac{266760 \times 0,06}{1,350\left(1+\frac{0,0252 \cdot 100 \cdot (0,96)^2\,(0,06)^4}{(0,25)^5}\right)}\right)}$$
$$=107^m,1.$$

Nota la velocità di efflusso nel sito dell'orifizio della conduttura, si verrà in chiaro della erogazione la mercè della formola e della regola del n.° 81. Se l'orifizio sia in un tubo ordinario, sarà

$$Q=0,96 \times 0,7854\,(0,06)^2 \times 107^m,1=0^{mc},290,$$

82. Quando si osservi la pressione in un recipiente in cui ha origine la conduttura. Se si collochi il manometro in un recipiente donde parta il condotto del gas, si è in grado di calcolar la velocità all'estremo del medesimo col mezzo della formola

$$V=\sqrt{\left(\frac{266760h}{d\left\{1+\frac{m^2D'^4}{D^4}\left[\left(\frac{1}{m'}-1\right)^2+\frac{0,0252L}{D}\right]\right\}}\right)},$$

in dove oltre alle precedenti significanze, contrassegna m' il coefficiente della erogazione all'origine del condotto,

d'ordinario uguale a 0,61, e la quale manoduce alla regola quì appresso:

Si divida l'unità pel coefficiente della erogazione all'origine del condotto, e dal quoziente sottraendosi l'unità, si elevi il residuo a quadrato; si moltiplichi la lunghezza del condotto per 0,0252, *e si divida il risultamento pel diametro del condotto; si aggiunga il quoziente al precedente quadrato, e si moltiplichi la somma pel quadrato del coefficiente della erogazione relativo all'orifizio del condotto nommeno che per la quarta potenza del diametro dell'orifizio, e se ne divida il prodotto per la quarta potenza del diametro del condotto;*

*Aggiunta l'unità al risultamento, si moltiplichi la somma per la densità del gas o pel peso del metro cubo (*n.° 78*);*

Indi si moltiplichi la colonna di mercurio che misura l'eccesso della pressione nel recipiente sulla pressione esterna, per 266760;

Dividasi il prodotto pel risultato delle precedenti operazioni: sarà la radice quadrata del quoziente la velocità di uscita del gas all' orifizio del condotto, espressa in metri.

Esempio. Diffinire la velocità di uscita nella ipotesi della condizione dell' esempio precedente, quante volte la indicata pressione misurata si fosse nel recipiente.

Poichè il coefficiente della erogazione alla origine del condotto è

$$m'=0,61,$$

rinverremo

$$V=107^{m},03;$$

la qual cosa dimostra di non essere notabile differenza, sia che si misuri la pressione nel recipiente, sia all'origine del condotto.

83. Osservazioni relative alle regole da seguire in allogare i condotti a gas. Dalle formole che prece-

dono raccogliesi che nel collocare i condotti a gas sia di ragione,

1.° Di dare ai condotti tai diametri, quali il consentono l'economia e gli accidenti locali; per cui convenga fare

$$D = 0^m,30 \text{ sino a } 0^m,40$$

pei condotti primordiali;

$$D = 0^m,20 \text{ sino a } 0^m,25$$

pei condotti di ripartizione;

2.° Di diminnire per quanto riesce la unita lunghezza dei condotti;

3.° Di evitar nei tubi i ristringimenti di ogni maniera;

4.° Di disporre i passaggi sia all'origine dei condotti sia alle chiavi di spartizione in guisa che diminuiscansi o si annullino gli effetti della contrazione;

5.° Di schivar le inutili svolte nell'andamento dei condotti, e di ritondare quelle che derivano dalle necessità locali.

DELLA FORZA DELLE ACQUE CORRENTI.

—

84. Chiamasi *caduta totale* di una corrente animatrice di un opificio l'altezza che intercede tra il pelo superiore dell' acqua nel serbatoio di sopra ed il livello del canale di scarico.

La forza di una corrente o la quantità di lavoro assoluto che la somministra è il prodotto del peso dell' acqua ch'esso richiede per la caduta totale.

Così denominando sempre

Q codesto volume di acqua espresso in metri cubi,

H la caduta totale in metri,

il lavoro assoluto o la forza della corrente sarà dato da

$$1000\ QH^{chm},$$

e se vuolsi esprimere in forza in cavallo-vapore di 75^{chm}, si otterrà il numero N corrispondente di cavalli mediante la formola

$$N = \frac{1000\ QH}{75},$$

Esempio. Qual' è la forza assoluta di una corrente la quale somministra $0^{mc},450$ per minuto secondo, e la cui caduta totale sia di $5^{m},25$?

La chiesta forza assoluta è

$$1000 \times 0^{mc},450 \times 5^{m},25 = 2362^{chm},5,$$

e la sua espressione in cavalli . . . $= \frac{2362,5}{75} = 31,5.$

Siffatta forza assoluta delle correnti la quale costituisce il lor prezzo venale, vuolsi evidentemente determinare a seconda del lor prodotto regolare quando gli orifici sien proporzionati in guisa che l'acqua trovisi in istato di regime; la qual cosa riconoscesi immantinenti all'altezza costante del livello nel serbatoio. Si procacci inoltre la misura della corrente nella stagione in cui le acque trovansi alla loro altezza media.

RUOTE IDRAULICHE.

DELLE REGOLE DA SEGUIRE NELLA STIMA DELL'EFFETTO UTILE DI UNA RUOTA IDRAULICA STABILITA.

85. Classificazione dei varî generi di ruote in uso. Le ruote idrauliche più generalmente in uso appartengono ai seguenti sistemi:

1.° Quelle a palette piane, antiche, le quali ricevon l'acqua inferiormente e muovonsi in gore in cui presentano un gioco più o meno considerabile;

2.° Le ruote a palette in gore circolari sur una parte della caduta totale, e che ricevon l'acqua per orifizî con carica del liquido sul lato superiore;

3.° Le ruote a palette piane incassate in gore circolari su tutta l'altezza della caduta e che ricevon l'acqua da cateratte ad emissarî, e che impropriamente addimandansi *ruote di lato;*

4.° Le ruote a palette curve immaginate dal Poncelet le quali vengono dal liquido investite nella parte inferiore e per cateratte obblique;

5.° Le ruote a cassette che ricevon l'acqua sia in cima, sia inferiormente alla loro sommità;

6.° Le ruote pendenti montate sovra battelli le quali muo-

vonsi in una corrente in tal qual modo indefinita rispetto alle loro dimensioni;

7.° I turbini.

86. Significanze adottate. In tutto quanto saremo per esporre, noi contrassegneremo sempre con

Q il volume di acqua che si eroga in 1'', espresso in metri cubi,

V la velocità di arrivo del filo medio dell'acqua sulla ruota, determinata come si è esposto ai n.i 35 a 39,

v la velocità della circonferenza esterna della ruota,

a l'angolo formato dalla direzione delle allegate due velocità. Si determina facilmente un tal angolo menando con la riga una prima tangente alla curva descritta dal filo medio (n.° 39), ed una seconda alla circonferenza esterna della ruota nel punto in cui simili curve s'incontrano,

P lo sforzo medio trasmesso dall'acqua alla circonferenza esterna della ruota espressa in chilogrammi, equivalente al peso che la ruota elevar potrebbe la mercè di una corda che si avvolgerebbe intorno ad essa circonferenza,

h l'altezza intercedente tra il suo punto d'immissione e quello infimo della ruota; equivalente all'altezza che v'ha tra il punto d'incontro del filo medio con la circonferenza esterna, ed il detto punto infimo della ruota.

Ciò premesso, il prodotto P*v* del peso che verrebbe sollevato intorno alla circonferenza della ruota e del cammino *v* percorso dal suo punto di applicazioue in 1'', rappresenterà l'effetto utile o la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza della ruota.

87. Antiche ruote e palette piane. Ci avveniamo soventi negli antichi mulini in simili ruote, (fig. 23), le quali per solito sono allogate in canali di legno o di pietra di taglio, in dove le loro palette s'immergono per 0m,03 a 0m,04 per lo manco. La cateratta è verticale, costrutta ad una distanza dalla ruota talvolta ragguardevole.

In tali circostanze, l'effetto utile o la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza della ruota è dato mediante la formola pratica desunta dagli sperimenti del Bossut e dello Sméaton.

$$Pv = 61\,Q\,(V - v)\;v^{chm},$$

in dove la velocità V si determina secondo le varie emergenze con le regole dei n.[i] 35 e seguenti.

Se ne deduce

Che per ottenere l'effetto utile o la quantità di lavoro utilizzata dalla ruota a palette piane investita inferiormente dall'acqua,

Si dee moltiplicare il volume d'acqua erogato ed espresso in metri cubi per 61 *non che per l'eccesso della velocità di arrivo dell'acqua su quella della circonferenza esterna della ruota e per la velocità di essa circonferenza:*

Il prodotto additerà l'effetto utile addimandato espresso in chilogrammi elevati ad 1^m *in* $1''$.

Esempio. Rinvenire l'effetto utile di una ruota a palmule piane del genere or dichiarato, la quale eroghi $0^{mc},500$ per secondo, ammesso che la velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota sia di $4^m,50$, e quella della circonferenza esterna della ruota stessa, di $2^m,50$?

Si ha dalla regola precedente in ordine al chiesto effetto utile

$$Pv = 61 \times 0^{mc},500 \times (4^m,50 - 2^m,50)\;2^m,50 = 152^{chm},5,$$

o circa due cavalli-vapore.

88. Rapporto tra l'effetto utile ed il lavoro assoluto del movente. Quante volte la luce si trovasse costrutta presso alla ruota, e la velocità di uscita dell'acqua venisse poco alterata dalla resistenza delle pareti, l'altezza totale di caduta corrispondente alla velocità $V = 4^m,50$

sarebbe di circa $1^m,03$ (n.° 3), ed il lavoro assoluto del movente riescirebbe di

$$1000 \times 0^{mc},500 \times 1^m,03 = 515^{chm},$$

ovvero 6,87 cavalli-vapore.

Il rapporto dell' effetto utile reale al lavoro assoluto del movente essendo $\frac{152,5}{515} = 0,297$, si scorge che simili ruote non *utilizzano* che 0,30 del lavoro assoluto del movente.

Sempreche l'immersione della ruota nell'acqua della gora sorpassa $0^m,04$, l'effetto utile va menomandosi di più, e raggiunge appena $0^m,25$ del lavoro assoluto del divisato movente.

89. QUANDO LE PALETTE S'IMMERGONO CONSIDERABILMENTE NELLA GORA. Laddove il gioco della ruota eccedesse di molto le addotte quantità, non saremmo più abilitati a prevalerci della precedente formola sperimentale, e converrebbe aver ricorso alla regola seguente. (fig. 24).

Conoscendosi il volume liquido Q erogato dalla luce, si determini con le regole dei n.[i] 34 e seguenti, secondo le condizioni diverse della gora, la velocità media V di arrivo dell' acqua sulla ruota. Indi denominando

L la larghezza nota della gora,

x lo spessore della corrente nella gora nel sito in cui si fa a raggiungere la ruota,

ne risulterà evidentemente

$$Q = VLx, \text{d'onde } x = \frac{Q}{VL},$$

là quale mena alla regola

Che lo spessore della corrente sotto la ruota pareggia il quoziente del volume di acqua erogabile in 1'' diviso pel prodotto della velocità di arrivo dell' acqua sulla ruota e della larghezza della gora.

Avendo così riconosciuta la profondità x dell' acqua, si

consegue l' area A della sezione trasversale pel prodotto $x\,L = A$, cioè della sua larghezza per la profondità.

Diffinita la forma e le dimensioni delle palette, sarà facile di determinare a qual profondità vengono esse a tuffarsi nella rinvenuta sezione trasversale della corrente, chiamando *a* l' area della superficie immersa di ciascuna paletta; perciocchè si conoscerà l' effetto utile della ruota, la mercè della formola

$$Pe = 76{,}45\ a\ V\ (V - v)\ v^{chm},$$

Donde si ricava

Che convien moltiplicare l'area della superficie immersa per 76, 45 non che per la velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota, per l'eccesso di essa velocità su quella della circonferenza esterna della ruota, e per la velocità di tale circonferenza;

Il prodotto sarà l'effetto utile della ruota espresso in chilogrammi elevati ad 1^m in $1''$.

Esempio. Qual è l'effetto utile di una ruota a palette piane la quale abbia nella gora un gioco di $0^m,10$ in ogni lato, e $0^m,06$ al di sotto delle palette coi seguenti dati;
$Q = 0^{mc},600$, $V = 5^m,50$, $v = 3^m$,
$L = 1^m$, larghezza della gora,
$l = 0^m,80$, larghezza delle palette,

Si ha

$$x = \frac{Q}{LV} = \frac{0^{mc},600}{5{,}5 \times 1^m} = 0^m,109$$

$$a = 0^m,80\ (^m 0{,}109 - 0^m,06) = 0^{mq},0392,$$

$$Pe = 76{,}45 \times 0^{mq},0392 \times 5^m,50\ (5^m,50 - 3^m)\ 3^m = 124^{chm}, = 1^{car},65.$$

Se la luce stasse vicino alla ruota e vi fosse poca perdita di velocità nella gora, la totale caduta sarebbe a un dipresso

quella corrispondente alla velocità di arrivo $V = 5^m,50$ o a $1^m,54$, e la forza assoluta della corrente serebbe approssimativamente.

$$1000 \times 0^{mc},600 \times 1^m,54 = 924^{chm}.$$

Quindi il rapporto dell'effetto utile al lavoro assoluto del movente è

$$\frac{124}{924} = 0,134.$$

È chiaro che nel caso or ora contemplato, l'effetto utile non giunge tutto al più che a 0,134 od $\frac{1}{7,45}$ del lavoro assoluto del movente.

90. **Ruote a palette piane esattamente incassate in gore circolari e ricevendo l'acqua per una luce con carica in cima.** Ci imbattiamo di frequente (fig. 25.) in ruote costrutte con diligenza, incassate in parte nell'altezza totale di caduta, mediante una gora circolare, nella quale assai poco s'immergono.

L'acqua opera sulle ruote investendo da prima le palette a cui perviene con la velocità V, dappoi seguendo il movimento della ruota, discende per l'altezza h dal punto d' immissione o d'incontro del filo medio con la circonferenza esterna, superiormente al tratto più basso della gora. In tal caso la luce vien costituita da una cateratta la quale elevandosi od abbassandosi lascia una certa carica di acqua in cima di tale apertura.

Siasi qualsivoglia la proporzione della parte circolare della gora per rispetto all'altezza di caduta, sempre che il volume liquido introdotto nella ruota non sorpassa i $^2/_3$ della capacità dell'intervallo fra le palette, e la velocità della ruota non eccede notabilmente quella dell' acqua fluente, la formola qui appresso desnnta da una serie ripetnta di sperienze su quattro ruote di forza e grandezza differenti, cioè di due fino a 15

cavalli*, rappresenterà l'effetto utile della ruota, meno per $^1/_{20}$ circa. La formola è.

$$Pv = 575Q\left[h + \frac{(V\cos a \quad v)v}{9,81}\right]^{chm},$$

I cui simboli hanno un valore convenuto al n.° 85. Se ne deduce la regola

Che convien determinare con la regola del n.° 38 il punto d'incontro del filo medio della vena fluida con la circonferenza esterna della ruota, e prendere l'altezza h tra un tal punto ed il tratto inferiore della gora sotto l'asse della ruota.

Si moltiplichi dappoi la velocità V di arrivo dell'acqua determinata con la regola del n.° 39 pel coseno dell'angolo che essa forma con la tangente alla circoferenza della ruota del punto d'incontro del filo medio; si sottragga dal prodotto la velocità v della circonferenza della ruota, e moltiplicando il resto per questa stessa velocità v, si divida il prodotto per 9,81.

Si aggiunga il quoziente all'altezza h, e si moltiplichi la somma per 750 volte il volume di acqua erogabile per secondi in metri cubi.

Il risultato sarà l'affetto utile della ruota in 4^{u}.

Esempio 1°. *Ruota della fonderia di Tolosa.* Quale è lo effetto utile di codesta ruota nelle seguenti condizioni?

$Q = 0^{mc},604$, $h = 0^{m}422$, $a = 6$, $V = 5^{m},47$, $v = 3^{m},04$.

La formola offre.

$$Pv = 750 \times 0^{mc},604\left(0^{m},422 + \frac{5^{m},47 - 3^{m},04}{9,81} \times 3^{m},04\right) = 532^{chm},$$

Lo sperimento diretto, eseguito col freno dinamometrico ha dato 504^{chm}.

* Sperimenti sulle ruote idrauliche di M. A. Morin, capitoli 1, 2, 3, 4, e 5 Metz, 1836. Parigi presso L. Mathias, libraio.

Esempio 2.° *Ruota di asciugamento artificiale nella polveriera di Metz.* Qual'è l'effetto utile di codesta ruota nelle seguenti condizioni?

$$Q = 0^{mc},215, h = 0^{m},414, a = 0, V = 2^{m},696, v = 1^{m},616.$$

La formola offre

$$Pv = 750 \times 0^{mc},215 \left[0^{m},414 + \frac{(2^{m},696 - 1^{m},616)}{9,81} \times 1^{m},616 \right] = 955^{chm}.$$

Lo sperimento eseguito col freno anzidetto ha dato 963^{chm}.

Esempio 3.° *Ruota di un martinetto alla manifattura d'armi di Chatelleroult.* Qual è l'effetto utile di codesta ruota nelle seguenti condizioni?

$$Q = 0^{mc},441, h = 1^{m},28, \cos a = 0,90, V = 2^{m},77, v = 1^{m},025.$$

La formola offre

$$Pv = 750 \times 0^{mc},441 \left[1^{m},28 + \frac{(2^{m},493 - 1^{m},025)}{9,81} \times 1^{m},025 \right] = 475^{chm}.$$

L'esperimento istituito col freno anzidetto ha dato 460^{chm}.

Esempio 4.° *Ruota del lavoratoio delle mole da triturare materie diverse a Baccarat.* Qual'è l'effetto utile di codesta ruota nelle seguenti condizioni?

$$Q = 0^{mc},392, h = 1^{m},40, a = 50^{o}, V \cos a = 1^{m},985,$$
$$v = 1^{m},375.$$

La formola offre

$$Pv = 750 \times 0^{mc},392 \left[1^{m},40 + \frac{(1^{m},985 - 1^{m},375)}{9,81} \times 1^{m},375 \right] = 438^{chm}.$$

Lo sperimento diretto eseguito col freno ha dato un identico risultato.

I quattro esempi che riferiti abbiamo sono relativi alle ruote con cui ebber luogo gli sperimenti inseriti nella citata memoria, e contribuirono a stabilire l'addotta formola pratica.

91. Comparazione tra l'effetto utile ed il lavoro assoluto del movente. Il paragone dell'effetto utile della ruota col lavoro assoluto del movente addita che il rapporto di codeste quantità è per la

ruota della fonderia di Tolosa in cui l'altezza h era di circa $1/4$ della caduta totale, 0,40 sino a 0,45
ruota dell'asciugamento artifiziale della polveriera di Metz in cui h era $2/5$ della caduta totale .... 0,42 sino a 0,49
ruota della manifattura d'armi di Chatellerault in cui h era circa $2/3$ della caduta totale.. 0,47
ruota del lavoratoio delle mole di Baccarat in cui h era $3/4$ della caduta totale......... 0,55.

Le quali cifre dimostrano che simili ruote *utilizzano* una porzione tanto maggiore del lavoro movente, per quanto l'acqua vien presa più dappresso alla superficie di livello.

92. Ruote a palette piane incassate in una gora circolare per tutta l'altezza della caduta, ricevendo l'acqua da una cateratta ad emissario. La maggiore disposizione delle ruote a palette piane è quella con cui venendo le medesime ad essere incassate esattamente per tutta l'altezza della caduta in una gora circolare con un gioco di alcuni millimetri, sono investite dall'acqua per una cateratta ad emissario situata il più vicino ch'è possibile alle ruote onde si tratta (fig. 26).

Semprechè il volume liquido introdotto in ciascuna paletta non eccede la metà o i due terzi della sua capacità, e la velocità della circonferenza della ruota non sorpassa di molto quella dell'acqua fluente, l'effetto utile verrà calcolato la

mercè della formola qui appresso meno $1/_{10}$ circa, desunta anch'essa da una serie ripetuta di esperimenti istituiti su due grandi ruote, l'una della forza di dodici cavalli, e l'altra di quella di venticinque, stabilite alla vetriera di Baccarat. La formola è

$$Pv = 799\,Q\left[h + \frac{(V\cos a - v)v}{9,81}\right]^{chm}.$$

Dalla quale è evidente che s'inferisce la regola pratica per noi riferita in ordine alle precedenti ruote, salvo il solo cangiamento del moltiplicatore 750, che nel caso attuale diventa 799.

Con essa additasi il vantaggio che hassi in disporre la cateratta ad emissario, la qual cosa rendesi vieppiù chiara col paragone tra l'effetto utile e 'l lavoro assoluto del movente, imperciocchè codesta quantità elevasi nell'ultimo caso a 0,75, mentre rispetto alle precedenti ruote giungeva a 0,55, al postutto. *

ESEMPIO. 1.° *Diffinire l'effetto utile della ruota a palette piane nel lavoratorio delle torri della Vetriera di Baccarat nelle seguenti condizioni.*

La larghezza della luce ad emissario............... $3^m,90$

L'altezza del livello in generale del serbatoio al disopra della cateratta.................................... $0_m,175$

Il volume di acqua crogato............................. $0^{mc},493$

La caduta totale... $2^m,056$

Si ha inoltre

$$h = 1^m,935,\quad V\cos a = 1^m,033,\quad v = 0^m,728.$$

Quindi pel chiesto effetto utile,

$$Pv = 799 \times 0^{mc},493\left[1^m,935 + \frac{1^m,033 - 0^m,728}{9,81} \times 0^m,728\right]$$
$$= 772^{chm}.$$

* Veggasi la citata memoria nei Capitoli 1 e 5, da pag. 42 a 65.

Lo sperimento diretto eseguito col freno ha dato 748^{chm}.

E la caduta totale essendo di $2_m,056$, il rapporto dell'effetto utile al lavoro assoluto del movente è 0,679.

Esempio 2.° Diffinire l'effetto utile della ruota a palette piane nel lavoratoio delle macine della Vetriera di Baccarat nelle quì appresso condizioni.

Essendo la erogazione dell'acqua di............ $Q = 0^{mc},419$

$$h = 1,^{m}48, \quad V \cos a = o,^{m}985, \quad v = 1^{m},621,$$

si rinviene pel chiesto effetto utile

$$Pv = 799 \times 0^{mc},419 \left(1^{m},48 - \frac{1^{m},621 - 0^{m},985}{9,81} \times 1^{m},621 \right)$$
$$= 461^{chm}.$$

Lo sperimento istituito col freno ha dato 458^{chm}.

Or essendo la caduta totale di $1^{m},623$, il lavoro assoluto del movente riesciva di

$$1000 \times 0^{mc},419 \times 1^{m} 623 = 681^{chm},$$

ed il rapporto dell'effetto utile al lavoro assoluto del movente è

$$0,673,$$

laddovechè quando la stessa ruota investita era dall'acqua affluente per una luce con carica sulla cima, ella *utilizzava* soltanto 0,55 del lavoro assoluto del motore.

Nota. Applicando le formole di questo e del precedente numero non dovrà far maraviglia se la velocità dell'affluenza dell'acqua riesca talvolta più debole di quella della circonferenza esterna della ruota nel qual caso il termine $\left(\frac{V \cos a - v}{9,81}\right) v$ diverrà sottrattivo come è appunto accaduto nell'ultimo citato esempio.

93. Del modo di calcolare il volume di acqua che si

RICEVE DA CIASCUNA PALETTA. Le regole esposte ai n.i 90 a 92 sono applicabili a ruote in cui gl'intervalli tra due palette sol ricevono un volume di acqua che non sorpassa i due terzi della loro capacità.

Onde calcolare lo stesso volume di acqua che contener si debbe in ciascuno di cotesti intervalli o capacità fra due palette, denominando q ed e la distanza fra le palette alla circonferenza esterna, otterremo, conservando le precedenti significanze.

$$q = \frac{Qe^{mc}}{V}$$

donde si rileva;

Che per calcolare il volume di acqua che ricevesi in ciascuno intervallo o capacità fra due palette ,

Vuolsi dividere la velocità alla circonferenza per la distanza degl' intervalli, ottenendosi nel quoto il numero di intervalli che in 1'' passano dinnanzi alla luce;

Si divida il volume di acqua che si eroga in 1'' pel numero d'intervalli che passano in 1'' dinnanzi alla luce ;

Il quoziente additerà il volume di liquido che debbesi ricevere da ciascuno intervallo fra due palette.

ESEMPIO. Qual è il volume di acqua che ricever dovea ciascuna capacità fra due palette della ruota di Baccarat nel caso contemplato nell'esempio secondo del n. 92?

La distanza degl'intervalli era.................. $0^m,398$

La erogazion dell'acqua.......................... $Q = 0^m,419$

La velocità della circonferenza della ruota.... $v = 1^m,621$

Il numero d'intervalli che in 1'' passano innanzi alla luce....................................... $\frac{v}{e} = 4,07$

Il volume di acqua introdotto in ciascuno intervallo fra due palette.................... $= \frac{0^{mc},419}{4,08} = 0^{mc},103$

La capacità di tali intervalli...................... $0^{mc},493$

Il rapporto del volume che ciascuno di simili intervalli ricever dovea alla sua capacità ......$=\frac{0,103}{0,493}=\frac{1}{4,8}$

In non dissimil guisa si opererà in tutti i casi analoghi, siasi qualsivoglia il genere della ruota che cade in esame.

94. Ruote a palette curve. Codeste ruote della cui teorica e del modo con che vengon disposte andiamo debitori al Poncelet, sono accompagnate da una cateratta obbliqua, sì che la base riescasi metà dell'altezza, e s'incassano verso giù per un tratto assai brevo di gora circolare e nelle correlative sponde del canale di scarico. Posson costruirsi di legno o di ferro, e ricevon l'acqua per di sotto. (fig. 27.)

Quando le palette sono bene incavate secondo la curva che loro si assegna, e l'acqua non viene ripercossa nell'interno della ruota la quale si tuffa nella gora per non più di un centimetro, l'esperienza dimostra * esser per le cadute di $1^{m},50$ o al di sopra, e per le aperture a cateratta di 0^{m}, 08 a $0^{m},12$, l'effetto utile rappresentato dalla formola pratica **

$$Pv=132,5\ Q(V-v)v^{chm},$$

e per le cadute di $1^{m},30$ in sotto con aperture di $0^{m}.20$ a $0^{m},30$ di altezza, con l'altra formola.

$$Pv=153\ Q\ (V-v)v^{chm};$$

Nelle quali formole le quantità P, v, Q e V. ritengono le significanze additate al n.° 86.

* Memoria seconda, intorno alle pale curve del Poncelet, Metz 1827, un vol. in 4.° presso la signora Thiel, libraia a Metz.

** Nell'applicazione delle formole seguenti convien procacciare che la ruota sia disposta effettivamente nel modo proposto dal Poncelet, e non lasciarsi indurre in abbaglio, massime rispetto alla gora, dall'apparenza esterna delle palette.

Che se la cateratta anzichè costruirsi inclinata si trovasse disposta verticalmente e le palette non fossero in buon essere, viene in allora l'effetto utile notabilmente a menomare, e in tal caso per le cariche di acqua di circa $1^m,50$ sulla soglia della luce, ridurrebbesi esso a

$$Pv = 102Q(V - v)\, v^{chm}.$$

Le formole riferite importano:

Che per calcolare l'effetto utile di una ruota a pali curve ricevendo l'acqua per di sotto, fa d'uopo moltiplicare il volume di acqua erogato ed espresso in metri cubi per l'eccesso $V - v$ *della velocità dell'acqua affluente sulla velocità della circonferenza esterna della ruota e per la velocità* v *di codesta circonferenza ;*

Indi moltiplicare il prodotto ,

Rispetto alle cadute di $1^m,50$ *ed al di sopra con luci di* $0^m,08$, a $0^m,12$ *e cateratte inclinate, per*................ 132,5

Rispetto alle cadute di $1^m,30$ *e al di sotto con luci di* $0^m,20$ a $0^m,30$ *e cateratte inclinate*................. 153

Riguardo alle cadute di 2^m *ed al di sotto con cateratta verticale e le palette in istato mediocre, per*....... 102

Nel prodotto si otterrà il chiesto effetto utile.

Esempio 1.° Ritrovare l'effetto utile di una ruota a pali curve nelle seguenti condizioni.

Carica sul centro della luce	$1^m,50$
Larghezzza della luce	$1^m,10$
Inclinazione della cateratta	45.°
Altezza verticale della luce	$0^m,12$
Velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota.......	$V = 5^m,43$
Velocità della circonferenza della ruota.......	$v = 2^m,75$

Secondo la regola del n.° 18 il volume di acqua erogato sarà

$$Q = 0,80 \times 1^m,10 \times 0^m,12 \sqrt{19,62 \times 1^m,50} = 0^{mc},573,$$

e l'effetto utile

$$Pv = 132,5 \times 0^{mc},573 \times (5^m,43 - 2^m,75)\, 2^m,75 = 561^{chm}.$$

Essendo poi la caduta totale dal livello dell'acqua sino al basso della ruota, di circa 1^m, 65, il lavoro assoluto del movente sara di 945^{chm}.

Ed il rapporto dell'effetto utile a tale quantità di lavoro assoluto consisterà in

$$\frac{561}{945} = 0,594.$$

Esempio 2.° Qual sarà l'effetto ulile di una ruota a pali curve nelle seguenti condizioni?

Carica di acqua sul centro della luce......... 1^m
Larghezza della luce............................ $0^m,95$
Altezza verticale della medesima...... ...... $0^m,25$
Inclinazione della cateratta.................... 1 sopra 1

La erogazione dell'acqua per ogni minuto secondo conformemente alla regola del n.° 18 è

$$Q = 0,80 \times 0^m,95 \times 0^m,25 \sqrt{19,62 \times 1^m} = 0^{mc},843.$$

La velocità dell'acqua fluente in 1''................ $= 4^m,43$
La velocità della circonferenza della ruota....... $= 2^m,30$
Quindi il chiesto effetto utile sarà

$$Pv = 153 \times 0^m,843\,(4^m,43 - 2^m,30) \times 2^m,30 = 628^{chm}.$$

Essendo la caduta totale di circa 1^m, 25, misura presa tra 'l livello superiore ed il punto infimo della gora sotto la ruota, sarà il lavoro assoluto del movente, di 1055^{chm};

Ed il rapporto dell'effetto utile al lavoro assoluto del motore di............................ $\frac{628}{1055} = 0,596$

95. Ruote a cassette. Le ruote a cassette ricevon l'acqua o in cima mediante una gora per cui la si conduce dall'orifizio in un delle cassette superiori della ruota, od inferiormente ad essa cima col mezzo di una cateratta inclinata. Per so-

lito queste specie di ruote non vengono incassate in un canale circolare.

Due casi particolari nel calcolo dell'effetto utile di codeste ruote ci faremo a distinguere (fig. 28).

Il primo quando le ruote sono in movimento con una velocità non eccedente i 2^m nella circonferenza, avendo 2^m di diametro od anche $2^m,50$, nella quale ipotesi le cassette si riempiono sino alla metà soltanto della loro capacità, ciò ch'è ben facile a riconoscere con la regola del n.° 93;

Il secondo, quando essendo piccola la ruota, gira essa con una velocità di più di 2^m per secondo alla circonferenza esterna, e le cassette ripiene sino a meglio che la metà della capacità loro, la forza centrifuga accelererà il versamento dell'acqua il quale incomincia ad una altezza notevole dal punto infimo della ruota.

96. RUOTE DI PICCOLA VELOCITA' A CASSETTE, QUALI ULTIME RIEMPIONSI NELLA META' SOLTANTO. Il primo caso è il più generico, e l'effetto utile della ruota in seguela di numerosi sperimenti* eseguiti su quattro simili ruote dei rispettivi diametri di $9^m,10$, $3^m,425$, $2^m,74$, $2^m,28$ verrà rappresentato, meno $1/_{20}$ circa, dalla formola pratica

$$Pv = 780\,Qh + 102\,Q\,(V \cos a - v)v,$$

nella quale ritengon le lettere le significanze additate nel n.° 85, ed ella riviene alla regola:

Che ad ottenere l'effetto utile di una ruota a cassette nel primo dei casi specificati al n.° 95,

Convien moltiplicare il volume dell' acqua erogato in 1'' per 780 *e per l'altezza del punto d'incontro del filo medio e della circonferenza esterna della ruota, e determinato come fu esposto al n.°* 39, *superiormente al punto infimo della ruota stessa;*

* Sperimenti sulle ruote idrauliche, Capitoli 6, 7, 8 e 9, Memoria citata.

Indi si moltiplichi la velocità V *di arrivo dell'acqua sulla ruota* (n.° 39) *del coseno dell'angolo che la sua direzione forma con la tangente alla circonferenza della ruota nel punto d'incontro del filo medio; si sottragga dal prodotto la velocità v della circonferenza esterna, e si moltiplichi il resto per essa velocità v e per* 102 *volte il volume d'acqua erogato in* 1'', *e si aggiunga quest'ultimo prodotto al primo:*

La somma dei due prodotti sarà il ricercato effetto utile.

Esempio 1.° Diffinire l'effetto utile della ruota idraulica della filanda dei signori N. Schlumberger e compagni a Guebwiller nelle seguenti condizioni.

Erogazione dell'acqua in 1''.................. $Q = 0^{mc},383$

Velocità dell' acqua fluente........ .... $2^m,13$

Velocità della circonferenza della ruota.:.. $v = 1^m,22$

Coseno *a* .... $= 1.$

Altezza del punto d' incontro del filo medio superiormente al basso della ruota............ $= 6^m,452.$

Si rinviene

$$Pv = 780.0^{mc},383.6^m,452 + 102.\ 0^{mc},383\ (2^m,13 - 1^m,22)$$

$$1^m,22 = 1960^{chm},$$

ovvero 26,1 cavalli-vapore di 75 chilogrammi elevati ad 1^m, in 1''. *

Ritrovandosi la caduta totale di .... $7^m,78$

Il lavoro assoluto del movente sarà . . . . 2626^{chm}

Ed il rapporto dell'effetto utile al lavoro assoluto 0,74.

Esempio 2.° Qual sarà l' effetto utile della ruota a cassette del mulino di Senelles presso Longwy nelle seguenti condizioni?

* Può codesta ruota trasmettere una forza di circa 48 cavalli, ma in allora le cassette addimostransi soverchiamente piene, ed il rapporto dell' effetto utile al lavoro assoluto del movente riducesi a 0,60 al più.

Erogazione dell'acqua in 1''.................... $0^{mc},135$
Velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota...... $2^{m},67$
Velocità della circonferenza della ruota...... $1^{m},70$
Angolo delle due velocità......................... $\alpha = 36°$
Altezza del punto d'incontro del filo medio
superiormente al basso della ruota.............. $h = 3^{m},425.$

Avremo

$$Pv = \left\{ \begin{array}{c} 780 \times 0^{mc},135 \times 3^{m}425 + 102 \times 0^{mc},135 \\ \times (2^{m},67 \times 0,809 - 1^{m},70)\ 1^{m},70 \end{array} \right\} = 371^{chm},$$

ovvero cinque cavalli-vapore circa.

Ritrovandosi la caduta totale di $3^{m},84$, il lavoro assoluto del movente sarebbe di

$$1000 \times 0^{mc},135 \times 3^{m},84 = 519^{chm},$$

ed il rapporto dell'effetto utile a siffatta quantità di lavoro assoluto è di

$$\frac{374}{519} = 0,72.$$

Esempio 3.° Diffinire l'effetto utile della ruota a cassette di Fleur-Moulin (Mosella) nelle seguenti condizioni.

Erogazione dell'acqua in 1''............. $Q = 0^{mc},1215$
Velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota $v = 2^{m},36$
Velocità della circonferenza della ruota in 1'' $= 1^{m},24$
Angolo di tali velocità a un dipresso.... $= 0$
Altezza del punto d'incontro del filo medio superiormente al basso della ruota..... $h = 2^{m},28.$

Avremo

$$Pv = 780.0^{mc},1215.2^{m},28 + 102.0^{mc},1215\,(2^{m},36 - 1^{m},24)\ 1^{m},24 = 232^{chm}.$$

ovvero 3,09 cavalli-vapori di 75^{chm}

Ritrovandosi la caduta totale di $2^{m},56$, il lavoro assoluto

del movente sarebbe di

$$1000 \times 0^{mc},1215 \times 2^{m},56 = 310^{chm}.$$

Ed il rapporto dell'effetto utile al lavoro sarà di

$$\frac{232}{310} = 0,748.$$

Gli esempli che abbiamo sinora esposti sono il risultamento di sperienze eseguite col freno. *

97. Modificazione della formola precedente, quando le cassette riempionsi piu' della meta' della capacita' loro. Potrebbe altresì la formola precedente applicarsi con bastevole approssimazione alle grandi ruote idrauliche le cui cassette ricever possono un volume di acqua eguale ai $^2/_3$ della loro capacità, sostituendo al fattore 780 del primo termine il moltiplicatore 650.

Esempio. Determinare l'effetto utile della ruota idraulica della filanda dei sigg. N. Schlumberger e Compagni a Guebwiller (Alto-Reno) nelle seguenti condizioni.

Erogazione dell'acqua in 1''..................... $Q=0^{mc},766$
Velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota...... $V=3^{m},01$
Velocità della circonferenza della ruota...... $v=1^{m},50$
Velocità della circonferenza della ruota...... $a=0$
Altezza del punto d'incontro del filo medio con la circonferenza esterna superiormente al basso della ruota... $h=7^{m},08$

Si rinviene

$$Pv = 650.0^{mc},766.7^{m},08 + 102.0^{mc},766\,(3^{m},01 - 1^{m},50)$$
$$1^{m},50 = 3687^{chm}.$$

Essendo la caduta totale di $7^{m},77$, il lavoro assoluto del movente sarà di 5951, ed il rapporto dell'effetto utile a sif-

* Sperimenti sulle ruote idrauliche, capitolo 6, 7 ed 8. Memoria citata.

fatta quantità di lavoro assoluto di

$$\frac{3687}{5951}=0,621\,,$$

laddovechè era esso di 0,71, quando le cassette vedeansi riempite a metà solamente.

98. Delle ruote idrauliche a grande velocita', o di quelle le cui cassette riempionsi per piu' di $^2/_3$ della loro continenza. Ma quando le ruote son piccole e la velocità della loro circonferenza esterna sorpassa i 2^m per secondo, o che le cassette vengono a riempirsi per più di $^2/_3$ della loro capacità, l'azione della forza centrifuga congiunta a quella della gravità accelera in moto notabile il versamento dell'acqua, il quale dipende dal rapporto fra le velocità e le dimensioni, sì che sin da tal punto la formola dianzi riferita non è più acconcia a rappresentare l'effetto utile delle ruote di che si tratta.

Ciò avviene di frequente nelle ruote che pongono in moto i martelli delle fucine nei mulini da sega nelle montagne, ed è allora necessario di aver ricorso alle formole stabilite dal Poncelet, la cui luminosa esattezza venne convalidata da sperienze dirette eseguite col freno dinamometrico.*

Sotto l'azione della gravità e della forza centrifuga, la superficie dell'acqua assume una curvatura cilindrica (fig. 29), di cui l'asse viene ad essere parallelo a quello della ruota e nello stesso piano verticale della medesima e ad una distanza CI espressa dalla formola.

$$CI=\frac{894,6}{n^2}\,,$$

in dove n dinota il numero dei giri della ruota in 1′, e donde tragghiam la regola,

* Veggansi gli sperimenti intorno alle ruote idrauliche, capitolo 4.°, Memoria citata.

Che per rinvenire il centro di curvità delle superficie di livello dell' acqua nelle cassette di una ruota idraulica,

Conviene dividere 894,6 *pel quadrato del numero di rivoluzioni della ruota in* 1', *ed il quoziente additerà la distanza da riportare sulla verticale che passa pel centro della ruota e superiormente al medesimo per diffinire il chiesto centro di curvità.*

Esempio. Qual sarà l'altezza del centro di curvità della superficie dell'acqua nelle cassette della ruota allogata nella fucina della *Renardière* a Framont, superiormente all'asse di essa ruota, la quale compie 24, 25 giri in 1'?

Si ha

$$C\,I = \frac{894,6}{(24,25)^2} = 1^m,51.$$

Codesto centro adunque rinviensi assai dappresso alla circonferenza esterna della ruota, la quale ha il raggio di $1^m,37$.

99. Determinare l'altezza a cui principia il versamento dell'acqua. Diffinito che si sarà il centro di curvatura delle superficie di livello, si descrivano da esso alcuni archi di cerchio che passano per l'orlo di ciascuna cassetta; indi calcolato con la regola del n. 93 il volume di acqua che dee ricevere ogni cassetta, si confronti con quello ch'essa cassetta può contenere nel giungere a un dipresso all' altezza dell'asse, il che riesce agevole moltiplicando la lunghezza interna delle cassette per l'area del profilo.

Per tal guisa conosceremo agevolmente verso quale cassetta ha avuto principio il versamento dell' acqua, e onde ritrovare esattamente in quale posizione della cassetta ciò avvenga, si descrivano dal centro I (fig. 30) degli archi di cerchio con raggi alquanto minori o maggiori di quello che corrisponde all' orlo di tale cassetta secondochè nella riferita posizione sia o no cominciato il versamento. Indi dai punti d' incontro dei descritti archi di cerchio con la circonferenza

esterna si segni il profilo interno di una cassetta il quale passerebbe per le successive posizioni a', a'', e via via.

Dopo o due o tre saggi a tentone, determineremo di leggieri la posizione della cassetta in cui si avvera che il volume d'acqua il quale può in essa contenersi pareggi quello che ha dovuto ricevere. Sia a'' siffatta posizione.

100. Calcolare l'effetto utile della ruota. Fatto ciò, e denominando

h l'altezza del punto d'incontro del filome dio con la circonferenza esterna superiormente all'orlo della cassetta pervenuta in a'' dove principia il versamento,

h' l'altezza dell'orlo stesso rispetto al basso della ruota,

q il volume d'acqua che ciascuna cassetta riceve, calcolato secondo la regola del n.° 93,

e conservando sempre alle lettere V, v, a, Q le stesse significanze che in passato (n.° 86),

Si divida l'altezza h in sei parti eguali nei punti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; pei quali si conducano delle orizzontali che vanno ad incontrare in 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7 la esterna circonferenza della ruota; si segnino indi i profili interni delle cassette considerandole con gli orli successivamente pervenuti a tali altezze, e si descrivano gli archi di cerchio coi raggi I1, I2, I3....I7 che limitano la superficie di livello dell'acqua.

Si passi in allora a calcolare i volumi liquidi contenuti nelle cassette in queste diverse posizioni, e denominandoli

$$q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7,$$

osserveremo in sulle prime che $q_1 = q$, od il volume di acqua introdotto, perciocchè il medesimo corrisponde nella posizione in cui principia il versamento, e in dove avremo sempre $q_7 = 0$, $q_6 = 0$, e ben soventi ancora $q_5 = 0$; la qual cosa verrà indicata dal solo delineamento degli archi della curvità di livello, chè allora passeranno per di fuori alla faccia della cassetta.

Premesso quanto di sopra, l'effetto utile della ruota potrà determinarsi con la formola seguente la quale venne dal Poncelet stabilita sovra considerazioni teoriche dirette e che sperienze eseguite sulla ruota della fucina della Renardière, a Framont * compiutamente provarono come accurate.

La formola è

$$Pv = 1000k \left\{ qh + \frac{h'}{18} [q_1 + 4(q_2 + q_4 + q_6) + 2(q_3 + q_5] \right\} + 102\,Q\,(V \cos a - v)v,$$

in dove k rappresenta il numero delle cassette che in ogni secondo passano innanzi alla luce, e che evidentemente uguaglia il quoziente $\frac{v}{e}$ della velocità v della ruota alla circonferenza esterna divisa per la distanza e delle cassette.

Deduciamo da essa formola quanto appresso:

Si determini con la regola del n.° 93 il volume di acqua che dee ricevere ciascuna cassetta e si moltiplichi per l'altezza del punto di arrivo medio dell'acqua alla circonferenza esterna della ruota (n.° 39) *al di sopra del punto in dove ha principio il versamento* (n.° 99).

Si divida l' altezza del punto dove ha principio il versamento al disopra del basso della ruota in un numero pari di parti eguali; si calcoli, come dianzi, il volume liquido contenuto in una cassetta giunta che sarà a queste diverse altezze, si aggiunga il volume di acqua introdotto in ciascuna cassetta a quattro volte la somma dei volumi ch'essa conserva nelle posizioni di ordine pari procedendo dal punto in cui incomincia il versamento e a due volte la somma dei volumi che contiene nelle altre posizioni di ordine dispari; si moltiplichi la somma pel terzo degl'intervalli nei quali venne divisa l'altezza del punto in cui principia il versamento al disopra del basso della ruota;

* Sperimenti citati, intorno alle ruote idrauliche, cap. 9. Metz, 1836.

Si aggiunga il prodotto al primo e si moltiplichi la somma per 1000 volte il numero delle cassette che passano davanti la luce in 1";

Si moltiplichi la velocità V di arrivo dell'acqua sulla ruota pel coseno dell'angolo che la sua direzione forma con la tangente alla circonferenza della ruota; dal prodotto si sottragga la velocità della circonferenza esterna della ruota, si moltiplichi il resto per l'ultima velocità e per 102 volte il volume d'acqua erogato in 1";

Si addizioni esso nuovo prodotto al precedente: e nella somma si otterrà l'effetto utile della ruota in 1".

Esempio. Diffinire l'effetto utile della ruota nella fucina della Ręnardière nelle qui appresso condizioni.

$$Q = 0^{mc},380, \quad n = 24,25.$$

$$CI = \frac{894,6}{(24,25)^2} = 1^m,51, \quad h = 1^m,44, \quad h' = 1^m,30;$$

e dividendo h soltanto in quattro parti eguali, si ha

$$q = q_1 = 0^{mc},047, \quad q_2 = 0^{mc},027, \quad q_3 = q_4 = q_5 = 0,$$

$$V = 5^m,04, \quad \cos a = 0,98, \quad v = 3^m,478.$$

Il numero delle cassette della ruota è di 20, di cui 8,083 passano per ogni secondo innanzi alla gora.

La formola dà

$$P\upsilon = \left\{ \begin{array}{l} 1000 \times 8,083 \left[\begin{array}{r} 0^{mc},047 \times 1^m,44 \\ + \dfrac{1^m,30}{12}(0^{mc},047 + 4 \times 0^{mc},027 \end{array} \right] \\ + 102 \times 0^{mc},380(5^m,04 \times 0,98 - 3^m,478)3^m,478 \end{array} \right\} =$$

$$876^{chm},3,$$

ovvero 11,7 cavalli di 75^{chm}.

101. Quante volte tutta l'acqua erogata dalla luce non possa essere ammessa sulla ruota. Nelle fucine esi-

stono ruote che girano sì veloci e sulle quali si versa tal quantità di acqua, che una parte del liquido va interamente perduta. Comechè in tal caso sia malagevole di estimare esattamente l'effetto utile, pure vi si perverrà con bastevole approssimazione, prevalendosi della regola che or ora additeremo.

Non venendo ammessa tutta l'acqua, la cassetta che la riceve viene a riempirsi per intero ed il versamento principia in tale condizione di cose; il perchè converrà fare nella formola precedente $h=0$.

Il volume liquido che la ruota realmente riceve pareggia quello che può essere contenuto nella prima cassetta moltiplicato pel numero $k=\frac{v}{e}$ di cassette che passano in 1'' innanzi alla luce. Quindi è d' uopo nella formola di sostituire Q a kq, e l'effetto utile della ruota sarà dato la mercè di

$$Pv=1000k\left\{\frac{h'}{18}[q+4(q_2+q_4+q_6)+2(q_3+q_5)]\right\}+$$
$$102kq(V\cos a-v)v.$$

Si osservi che a diffinire il volume di acqua q ammesso nella prima cassetta, si vuole descrivere l'arco di cerchio col raggio i b della superficie di livello, e calcolare l'area del profilo mistilineo compreso tra quest' arco e le facce della cassetta, indi moltiplicarla per la larghezza interna della ruota (fig. 31). La quale formola torna a tutt' uno colla regola seguente.

Dividasi l' altezza del punto medio di arrivo dell' acqua sulla ruota (n.° 39) *in un numero pari di parti eguali; si calcoli il volume di acqua che si contiene in una cassetta successivamente pervenuto a queste varie altezze* (100)*; al volume corrispondente alla prima cassetta si aggiunga quattro volte la somma dei volumi relativa alle posizioni di ordine pari e due volte la somma dei*

volumi corrispondenti alle altre posizioni di ordine dispari; si moltiplichi la somma pel terzo dell'altezza tra le posizioni successive delle cassette e per 1000 *volte il numero delle cassette che in* 1'' *scorrono dinnanzi la luce;*

Si moltiplichi la velocità di arrivo dell'acqua sulla ruota pel coseno dell'angolo che la sua dirittura forma con la tangente alla circonferenza di essa ruota; dal prodotto si sottragga la velocità della circonferenza esterna della ruota, si moltiplichi il resto per la velocità della sua circonferenza esterna nommeno che per 102 *volte il volume d'acqua introdotto in una cassetta e pel numero di queste che in* 1'' *passano dinnanzi all'orifizio.*

Si addizioni quest'ultimo prodotto al primo, e nella somma otterremo la quantità di lavoro dalla ruota utilizzata *in* 1''.

102. Delle ruote pendenti dei battelli. L'effetto utile delle ruote pendenti immerse in una corrente indefinita, per solito si determina per via della formola

$$Pv = 147{,}5\,A\,(V - v)^2\,v\,,$$

in dove contrassegnano

A l'area della parte immersa della paletta verticale,

V la velocità della corrente misurata alla superficie,

v la velocità del mezzo della parte immersa della paletta verticale,

e la quale mena alla regola

Che onde poter calcolare la quantità di lavoro utilizzata da una ruota pendente,

Conviene elevare a quadrato l'eccesso della velocità dell'acqua alla superficie sulla velocità del mezzo della parte immersa della paletta verticale, moltiplicare esso quadrato per l'ultima riferita velocità non meno che per l'area della parte immersa della detta paletta e per 147,5:

Il prodotto sarà la chiesta quantità di lavoro.

Esempio. Diffinire l'effetto utile di una ruota pendente di mulino sovra battelli nel Rodano colle seguenti condizioni.

Superficie immersa della paletta verticale.... $A=2^{mq},08$

Velocità dell'acqua alla superficie.............. $V=2^{m},00$

Velocità del mezzo della parte immersa della paletta verticale...................................... $v=1^{m},00$

La formola offre l'effetto utile

$$Pv=147,5\times 2^{mq},08\times 1=307^{chm}$$

103. **Altra formola per la stessa specie di ruote.** A poter calcolare l'effetto utile di simili ruote, ha proposto il Poncelet una formola appoggiata a più rigorose considerazioni, coincidendo ad un tempo con mirabile esattezza con i risultamenti di diciassette sperienze dal Bossut instituite.

Questa formola è

$$Pv=81,5AV(V-v)v,$$

in dove la significanza dei simboli è identica a quella del numero precedente e mena alla regola

Che per calcolare la quantità di lavoro utilizzata da una ruota pendente,

Conviene moltiplicare 81,5 *volte l'area della parte immersa della paletta verticale per la velocità dell'acqua alla superficie, non che per l'eccesso di simile velocità sul quella del mezzo di essa parte immersa e per la velocità del mentovato punto di mezzo:*

Il prodotto additerà la chiesta quantità di lavoro.

Esempio. Qual è l'effetto utile della ruota contemplata nell'esempio precedente?

La formola dianzi porge

$$Pv=81,5\times 2^{mq},08\times 2^{m}\times 1\times 1=333^{chm}.$$

Si scorge che nei limiti ordinarî della pratica le due regole coincidono fra loro, meno $1/12$ circa. Nondimeno è a desiderarsi

che sperimenti diretti sul tal particolare chiariscano vie meglio questo importante subietto.

104. *Dei turbini*. Contrassegnano col nome di turbini quelle ruote ad asse verticale le cui palette raramente piane ed il più delle volte curve si muovon per l'azione di una vena fluida che vi s'intromette per l'interno ed esce dalla circonferenza, e viceversa.

I più antichi turbini conosciuti, son quelli che impiegansi alle Alpi ed ai Pirenei nei mulini del Basacle e dei padri minori a Tolosa, e negli opifici altresì della città di Metz.

Alcuni sperimenti eseguiti nel 1821 dai sig. Tardy e Piobert, ufiziali di artiglieria, sur una delle ruote dei mulini di Tolosa che operan meglio delle altre, la mercè di un apparato analogo al freno di Prony, han dimostrato che nelle più favorevoli congiunture la quantità di lavoro disponibile trasmesso da simili ruote non era che 0,35 nel lavoro assoluto del movente, e che il massimo effetto avveravasi quando la velocità v del punto in cui il filo medio urtava la ruota, pareggiava circa 0,55 della velocità V di arrivo dell'acqua.

Senonchè, ritrovansi codeste ruote per l'ordinario in antichi stabilimenti, e son male allogate e peggio manotenute; perlochè ben arduo riesce di assegnare una regola fissa per la valutazione diretta dell'effetto utile; e poichè vengono esse quasi sempre odoperate a macinar grano con mole alla francese di 1^m, 70 a 2^m di diametro, si è in grado di calcolarne il prodotto, osservando la quantità di frumento macinata in un dato tempo, e di conseguito, in 1''. D' altronde è noto da osservazioni dirette, che questo genere di macinio il più scabro di tutti esige una quantità di lavoro di

$$7000 \text{ a } 7600^{chm}$$

per chilogrammo di cereale; il perchè moltiplicando il numero di chilogrammi di frumento macinato in 1'' per 7000 o 7600, si

conseguirà l'effetto utile o la quantità di lavoro disponibile comunicata alla mola.

105. Turbini del Fourneyron. L'ingegnere civile Fourneyron ha costrutto in questi ultimi anni dei nuovi turbini di molto superiori per gli effetti agli antichi. Occupano essi un picciolo spazio, pesano pochissimo rispetto alla forza considerabile che posson trasmettere, girano immersi nell'acqua ad una profondità qualunque, e adattansi parimenti bene e alle grandi ed alle piccole cadute (fig. 32).

Gli sperimenti inseriti negli atti dell'accademia delle scienze * ed altri saggi che quanto prima farannosi di pubblica ragione **, han dimostrato che se

n dinota il numero dei giri compiti dalla ruota in 1',

V la velocità corrispondente alla totale caduta,

R il raggio esterno della ruota,

tutte le volte che il numero n sarà compreso tra i valori

$$n = \frac{3,3\,V}{R} \quad e \quad n = \frac{5,6\,V}{R},$$

e la paratoia della luce sarà alzata pei $^2/_3$ o più dell'altezza della ruota, l'effetto utile o la quantità di lavoro disponibile trasmessa da simili ruote vien rappresentata meno $^1/_{15}$ ad $^1/_{20}$ dalla formola

$$Pv = 0,70\,QH,$$

Q dinotando il volume d'acqua erogabile in 1'',

H la totale caduta, misurata dalla differenza dei livelli di sopra e sotto corrente; donde ricavasi la regola

Che per calcolare l'effetto utile d'un turbine del Fourneyron,
Convien prendere i 0,70 *del lavoro assoluto del movente.*

* Atti dell'accademia delle scienze, n.° 13, anno 1836, e n.° 9, anno 1837.

** Sperimenti intorno alle ruote idrauliche a pali curve e intorno ai turbini del Fourneyron (*in torchio*).

18

Nota. È da osservarsi che il volume di acqua erogato in 1″ debbe direttamente determinarsi con un dei metodi dianzi riferiti, e non già con misurar le dimensioni delle luci smascherate dalla paratoia del turbine, stantechè la velocità della ruota ha notabile influenza sulla erogazione dell'acqua per esse luci.

Esempio 1°. Diffinire l'effetto utile del turbine della tessitoria meccanica di Moussey, provincia dei Vosgi, alle seguenti condizioni

Erogazione dell'acqua in 1″........ $Q=0^{mc},732$
Caduta totale........................ $H=6^{m},911$
Il lavoro assoluto del movente è $QH=5059^{chm}=67^{ch},4$, trovandosi il numero dei giri della ruota compreso nei limiti additati.

Se ne deduce per l'effetto utile

$$0,70\times5059^{chm}=3541^{chm}=47^{ch},3.$$

L'esperimento istituito col freno porse

$$3406^{chm}=45^{ch},4.$$

Esempio 2.° Qual'è l'effetto del turbine della tessitoria meccanica di Müllbach, provincia del Basso-Reno, alle qui appresso condizioni?

Il lavoro assoluto del movente è ... $Q=1^{mc},943$
La caduta totale .... $H=3^{m},230$
Il lavoro assoluto verrà espresso da $QH=6289^{chm}=83^{ch},85$

Essendo la velocità della ruota di 67^{m} in 1′ e compresa tra gli accennati limiti.

Quindi la regola precedente dà per l'effetto utile

$$0,70\times6289^{chm}=4389^{chm}=58^{ch},5.$$

Lo sperimento eseguito col freno produsse un identico risultamento.

106. Sforzo trasmesso alla circonferenza esterna o ad una distanza data dall'asse di una ruota idrau-

LICA. Calcolata che si sarà con una delle regole dei num.[1] 87 a 105, secondo il vario genere di ruote, ed esaminata la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza delle medesime, si verrà in chiaro dello sforzo medio esercitato o immediatamente su di essa o ad una data distanza dall'asse, *dividendo la quantità di lavoro rinvenuta per la velocità della circonferenza esterna o del dato punto.*

STABILIMENTO DELLE RUOTE IDRAULICHE.

107. Affin di diminuire per quanto riesca la perdita di velocità o di forza viva che la esistenza delle gore sempre cagiona, gore che menan nell'acqua dalla luce di efflusso sino alla ruota, ci convien disporre la luce ed il suo contorno in guisa che la contrazione vi accada quanto più debole è possibile. A qual uopo debbono le luci con carica in cima aver la soglia ed i lati nel prolungamento del fondo delle pareti del serbatoio od anche delinearsi rispetto a queste in linee dolcemente ritondate.

La paratoia facciasi inclinata, ove riesca, nella ragione di uno di base sopra una o due di altezza.

L'apertura venga costrutta il più che sia possibile presso alla ruota per diminuire la lunghezza della gora.

Le luci emissarie poi si stabiliscano immediatamente sul'a ruota idraulica.

108. CANALE DI ARRIVO O SERBATOIO. Il serbatoio o canale di arrivo aver deve dimensioni proporzionali alle circostanze de' luoghi ed alla economia, ed ove sorgano impedimenti da qualche accidente del terreno, converrà che l'area della sezione trasversale pareggi per lo meno 10 o 12 volte quella della luce della di lei maggiore dimensione.

109. PENDENZA DELLA GORA. La gora stabilita tra la luce di efflusso e la ruota vuol essere inclinata di $1/_{12}$ ad $1/_{15}$ ove

sia molto breve, e se lunga, se ne regolerà la pendenza mediante le formole dei n.[i] 35 e seguenti.

110. Gioco della ruota. Quante volte debbon le ruote imboccare in una gora circolare, converrà che questa sia costrutta in pietre di taglio, e trovino le ruote nell' intervallo del fondo e dei laterali lo spazio strettamente necessario alla facilità del movimento, al che basteranno 4 a 5 millimetri di gioco.

111. Risalto della gora sotto la ruota. Nel caso di un risalto, converrà praticarlo alto 0,^{m} 20 a 0,^{m} 25 sotto corrente della verticale che passa per l'asse della ruota, e ciò ad agevolare lo sgorgamento dell'acqua.

112. Slargamento del canale di scarico. Semprechè le circostanze locali il permettano, convien dare al canale di scarico una larghezza maggiore di quella che ha la gora nel tratto inferiore alla ruota. Adottate poi tutte le disposizioni che abbiam riferito, si deverrà all' allogamento delle ruote con osservare le regole quì appresso.

113. Ruote a palette piane, imboccate in gore circolari. La esperienza congiuntamente alla teoria dimostrano che simili ruote operano con più vantaggio se ricevon l'acqua da luci emissarie; quindi è di ragione che si formi una cateratta di tal genere la quale venga costrutta il più dappresso ch'è possibile alla circonferenza esterna della ruota. Il raggio di tale circonferenza non dev' essere mai minore dell'altezza totale di caduta; salvo la quale condizione, si può determinarlo a seconda dei particolari riflessi intesi al prosperamento dell'opificio e tali che facciano eseguire alla ruota quel numero di giri che si desiderano in un 1'.

Conviene inoltre che la paratoia si abbassi di 0,^{m} 20 a 0,^{m} 25 al di sotto del generale livello del serbatoio; il che fissato una volta, si verrà determinando conforme alla regola del n.° 37 l'incontro del filo medio con la circonferenza esterna della ruota. Si diffalcherà indi l'altezza cui esso punto si rinviene

inferiormente al livello del serbatoio, dalla totale caduta; e la differenza additerà l'altezza h da cui il liquido discenderà, a noverar dalla introduzione del medesimo sino alla sua uscita dalla ruota.

La velocità di arrivo V dell'acqua sulla ruota sarà la velocità corrispondente all'altezza del punto d'incontro or ora determinato, inferiormente al livello del serbatoio. La direzione sua e l'angolo a che quest'acqua forma nel punto stesso con la tangente alla circonferenza esterna della ruota si otterranno con tirare delle tangenti alla parabola descritta dal filo medio nommeno che alla circonferenza, nel loro punto d'incontro (n. 38).

La velocità V della ruota può senza inconveniente variare da $v = 0,30V$ sino a $v = V$; ma per agevolar l'introduzione dell'acqua conviene che la velocità di questo liquido ecceda significantemente quella della ruota, per lo che si farà

$$v = 0,50V \text{ a } v = 0,70V.$$

Ciò premesso, non rimane altro a determinare fuor dell'effetto utile Pv od il volume d'acqua nella formola pratica n. 92 relativa alle ruote di fianco con cateratta ad emissario, cioè

$$Pv = 799\,Q\left[h + \frac{(V\cos a - v)}{9,81}v\right],$$

in cui son note le quantità h V, v e coseno a.

Due casi frattanto presentar si possono nell'applicazione; il 1.°, quello in cui sia data la forza che deve aver la ruota, o l'effetto utile ch'essa dee trasmettere; ed allora fa d'uopo diffinire il volume d'acqua da erogare in 1''; il 2.°, quello in cui essendo dato il volume d'acqua Q disponibile, si voglia determinare la forza o l'effetto utile della ruota.

114. 1.° Stabilire una ruota di fianco di data forza.

Essendo dato l'effetto utile da ottenere, si calcolerà il volume d'acqua erogabile la mercè della formola,

$$Q = \frac{Pv}{799\left[h + \frac{(V\cos a - v)}{9,81}v\right]} \text{ metri cubi;}$$

dalla quale s' inferisce

Che determinato secondo che si disse al n. 58 il punto d' incontro del filo medio con la circonferenza esterna della ruota,

Si moltiplichi la velocità di arrivo V dell' acqua pel coseno dell' angolo ch' essa forma con la tangente alla circonferenza esterna; si sottragga dal prodotto la velocità v di quest' ultima di cui si fisserà il valore tra 0, 50 V e 0, 70 V; si moltiplichi il resto pel rapporto di detta velocità v a 9,81;

Si aggiunga il prodotto all' altezza h del punto di arrivo superiormente al basso della ruota;

Si moltiplichi la somma per 799, e pel prodotto si divida la quantità di lavoro o l'effetto utile che la ruota dee produrre in 1":

Sarà il quoziente il volume d'acqua Q erogabile in 1."

Se si trattasse di una luce emissaria, l'espressione del volume liquido Q che per essa erogherebbesi in 1", sarebbe

$$Q = mLH\sqrt{2gH},$$

in dove

L esprime la larghezza della luce o dell'emissario,

H l'altezza della cima della cateratta abbassata inferiormente al livello generale del serbatoio, e che conformemente al n. 113 è uguale a $0^m,20$ o $0^m,25$,

$g = 9, 81$

m, coefficiente numerico, pareggia nel caso presente 0,390 (n. 21).

Da siffatta relazione in cui son note Q, m, H, e g, s'inferirà la larghezza assegnabile alla luce

$$L = \frac{Q}{0,390\,H\sqrt{2gH}},$$

la quale mena alla regola

Che a poter determinare la larghezza della luce emissaria di una ruota, dovendosi da quella erogare un dato volume Q *di acqua, convien moltiplicare l'altezza per la quale si abbassa la cateratta inferiormente al livello del serbatoio per la velocità corrispondente a tale altezza (regola del* n. 2*) e per* 0, 390;

Si divida pel prodotto il dato volume d'acqua, e nel quoziente si otterrà la chiesta larghezza in metri.

115. Larghezza della ruota. La larghezza della ruota pareggiar dee quella della luce aumentata di circa $0,^{m}05$ da ciascuna banda.

116. Osservazione. La regola precedente manoduce talvolta ad una larghezza che in pratica non è sempre possibile di conseguire, sia perchè intrinsecamente è ella troppo grande, sia perchè gli accidenti locali non consentono di adottarla. In generale non è lecito ch'ella sorpassi 5 a 6^{m}, comechè s'incontrino talora delle ruote idrauliche le quali presentano una larghezza da 8 sino a 9^{m}. Ma ove sorgessero ostacoli su tal particolare, potremo aumentare l'altezza H, la cui cateratta si abbassa al di sotto del livello del serbatoio sino a $0^{m},30$ ed anche $0^{m},35$, il che trae seco una minore larghezza della ruota.

117. Dimensione delle palette. Le palette vengono per solito separate da uno spazio di $0^{m},30$ a $0^{m},40$ nella circonferenza esterna, ed offrono le stesse dimensioni del raggio nella cui dirittura si rinvengono; la qual cosa riesce comoda nella unione dei pezzi della ruota, mentre non giova d'inclinarle sul raggio nel fine di scansare l'urto dell'acqua, stantechè non si perviene con ciò ad annientare la perdita di forza viva

comunque assai debole, la quale accade nella immission dell'acqua.

Sollevando poi di soverchio la paratoia, si può venire obbligato di dare alle palette $0^{m},45$ a $0^{m},50$ di distanza fra loro ed in uno di larghezza, ma soglionsi codeste dimensioni ritenere come limiti massimi.

Determinato il raggio della ruota conformemente a quanto esponemmo al n.° 113 e a seconda delle particolari considerazioni proprie dello stabilimento cui dee servire, cureremo che il numero delle palette sia un intero e riesca esattamente divisibile, in grazia della simmetria delle connessioni, per la quantità delle razze della ruota, scegliendo fra quelli che soddisferanno a tale condizione, il numero da cui deriverà un convenevole intervallo fra le palette. Così, per esempio, divideremo nelle ordinarie emergenze la periferia per $0,^{m}35$, e riterremo per la quantità delle palette quel numero intero ch'è divisibile esattamente pel numero dei razzi della ruota ed il quale si approssima di vantaggio all'ottenuto quoziente. Sappiamo inoltre, che tra'l fondo di una cassetta e l'ala che trovasi al di sopra si dee lasciare un gioco di $0^{m},03$ a $0^{m},05$ tendente a facilitar l'uscita dell'aria che si contiene fra dette ali o palette.

118. Osservazione relativa alla capacita' delle cassette. Il numero e le dimensioni delle ali o delle cassette venendo per tal modo determinato, si verrà facilmente in chiaro della loro capacità, pareggiando essa il prodotto della lunghezza delle medesime per l'area del trapezio formato dal profilo delle due palette consecutive e dal fondo che le medesime comprendono. Col soccorso della regola del n.° 39 ci verremo assicurando, che con la velocità *v* assegnabile alla ruota od anche con la minima velocità che dalla medesima acquistar si possa, le cassette non si riempiono per più della metà o di $^{2}/_{3}$, al massimo, della loro capienza, il che forma una condizione indispensabile pel buono effetto della ruota (n. 92).

119. Secondo. Qual sara' la forza di una ruota ad ali piane stabilita secondo le regole dei n.i 107 e seguenti, e che consuma un dato volume di acqua? Questo secondo caso dell'allogamento delle ruote ad ali piane, evidentemente ricade nella condizione di una ruota stabilita secondo le regole precedenti, e quindi nel ricercar l'effetto utile che ne deriva. Basterà in allora di aver ricorso alla regola ed alla formola del n.° 92.

120. Ruote ad ali curve. Determinata la caduta totale e stabilita l'altezza dello scaglione della gora sotto la ruota, come per noi fu dichiarato al n. 111, si assegnerà al raggio di quest'ultima una grandezza che soprammodo dipenda dalle condizioni proprie all'usina, e dal numero di giri che si desidera che faccia quest' apparato idraulico. Si procederà inseguito all'allogamento della ruota secondo le norme che ci faremo ad indicare, per lo sviluppo e dimostrazione delle quali noi rimandiamo i nostri cortesi leggitori all'egregia Memoria sulle ruote ad ali curve del Poncelet, cui ne andiamo debitori.

121. Profilo della gora. Dal centro della ruota con un raggio eguale a quello della circonferenza esterna aumentato di un centimetro al più, si descriva nel tratto inferiore un piccolo arco di cerchio su cui dal verso di sotto corrente si prenda una lunghezza di circa $0^m,20$. L'estremità di simile arco sarà il lembo dello scaglione della gora. Dalla banda di sopra corrente si conduca allo stesso arco una tangente inclinata di un dodicesimo.

A $0^m,06$ ovvero a $0^m,10$ dalla circonferenza esterna della ruota si conduca un linea inclinata nella ragione di uno di base sopra uno o due di altezza a seconda che il richiedano le circostanze locali ; siffatta linea costituirà la dirittura del ritegno che dovrà formarsi la mercè di tavoloni grossi $0^m,05$, o di una piastra di metallo.

122. Tratto circolare della gora per le ruote a co-

RONA. Tra'l punto inferiore della ruota e la luce di efflusso, le corone debbono imboccare in un tratto circolare della gora con un gioco di $0^m,01$ al più, sì ch'esso tratto si elevi di circa $0^m,10$ al di sopra della maggiore altezza di essa luce.

123. INCLINAZIONE DELLA PARATOIA O CATERATTA. La cateratta si muoverà parallelemente al ritegno in gargami costrutti nei muri di sponda del canale di arrivo o in legni a tal uopo disposti. Il fondo ed i lati verticali del serbatoio s'incurvino dolcemente verso la luce ond'evitare la formazione della vena contratta.

124. APERTURA DELLA PARATOIA. L'apertura della paratoia dee giungere sino a $0^m,20$ a $0^m,25$, semprechè non sia per risultare alla ruota una molto scarsa larghezza. Per le ruote di un grand'effetto può tale apertura formarsi di $0^m,30$ ed anche al di là, misurandola in linea normale alla gora.

125. LARGHEZZA DELLE CORONE. La larghezza delle corone debbe almeno pareggiare il terzo della carica d'acqua sulla soglia della luce.

126 DISEGNO DELLE ALI. Trovandosi la paratoia alzata sino al punto stabilito, si conduca pel suo lembo inferiore una parallela al fondo della gora. Nel sito in cui questa linea incontra la circonferenza esterna della ruota (veggasi la fig.27, n.° 94), le si elevi una perpendicolare sulla quale si stabilisca il centro di curvatura delle ali a $0^m,05$ ovvero ad $1^m,10$ internamente alla circonferenza di dentro della corona. Da tale centro e con l'intervallo che v'ha tra esso ed il punto d'incontro della vena liquida con la circonferenza, descrivasi un arco di cerchio il quale darà la forma dell'ala.

127. NUMERO DELLE ALI. La distanza fra le ali sulla circonferenza della ruota debb'essere di 0^m, 20 a $0^m,25$, e ad un dipresso eguale all'alzata della paratoia; il numero di esse sia tale che riesca esattamente divisibile per quello delle razze. Per la qual cosa divideremo, a cagion d'esempio, la circonferenza per $0^m,25$, e pel numero delle ali si prenderà quel nu-

mero intero ch' è più prossimo al quoziente, e che riesce esattamente divisibile per la quantità delle razze.

128. Velocita' di arrivo dell'acqua sulla ruota. La velocità V di arrivo dell'acqua sulla ruota pareggia sensibilmente quella che risulta dalla carica sul centro dello orifizio, semprechè quest'orifizio e le sue adiacenze sien disposti nel modo che per noi si è dichiarato ai numeri 121 e seguenti.

129. Velocita' della circonferenza della ruota. La velocità della periferia della ruota, in seguela degli sperimenti del Poncelet vuole agguagliare i 0,55 della velocità V di arrivo dell'acqua.

130. Raggio della ruota. Conoscendo la velocità della periferia esterna della ruota, se si chiamano

n il numero dei giri di essa ruota in $1''$,

R il raggio della periferia esterna, a determinare il medesimo varrà la formola

$$R = 9,549 \frac{v}{n},$$

della quale ci serviremo per venire in chiaro del raggio della ruota quante volte sappiamo il numero dei giri ch'ella deve fare in $1''$. Ella mena alla regola

Che ad ottenere il raggio della ruota,

Convien moltiplicare la velocità della periferia di essa ruota per 9,549, e dividere il prodotto pel numero di giri che la ruota compier deve in $1''$.

Applicando siffatta regola, fa mestieri di fissare in guisa la quantità di giri della ruota, che il raggio della circonferenza non risulti più breve di 1^m ad $1^m,20$, e più lungo di 2^m a $2^m,50$.

131. Stabilire una ruota a pali curve di data potenza. Essendo dato l'effetto utile che la ruota in progetto dee produrre e venendo le velocità V di arrivo dell'acqua, e v della periferia della ruota, determinate in conseguenza delle regole

precedenti, calcoleremo il volume liquido che dalla ruota si eroga in 1'' prevalendosi della formola

$$Q = 0{,}00755 \frac{P}{V - v},$$

rispetto alle cadute di 1^m,50 e al di sopra quando l'alzata di cateratta sia fra 0^m,08 a 0^m,12, e facendo uso della formola

$$Q = 0{,}00654 \frac{P}{V - v},$$

relativamente alle cadute al di sotto di 1^m,50 e quando l'alzata di cateratta sia di 0^m,15 o di là da questo limite.

In tali formole son note le significanze per quanto si disse al n.° 86, e P rappresenta lo sforzo trasmesso dall'acqua alla circonferenza della ruota; il quale si otterrà come dal n.°106, dividendo l'effetto utile o la quantità di lavoro che la ruota dee trasmettere per la velocità v della sua circonferenza.

Dalle medesime si raccoglie,

Che ad ottenere il volume liquido espresso in metri cubi ed erogabile in 1'',

Convien dividere lo sforzo che l'acqua dee trasmettere alla periferia esterna della ruota per l'eccesso della velocità V *di arrivo dell'acqua su quella* v *della ruota e moltiplicare il quoto che se ne ottiene*

per 0,00755 *in ordine alle cadute al di sopra di* 1^m, 50 *con le alzate di cateratta di* 0^m,08 *a* 0^m, 12;

e per 0,00654 *rispetto alle cadute al di sotto di* 1^m,50 *e le alzate di cateratta di* 0^m,15 *in sopra.*

132. Larghezza della luce. Conoscendosi il volume liquido erogabile e l'alzata della paratoia E, determineremo la larghezza della luce con la formola

$$L = \frac{Q}{0{,}75 E \sqrt{2gH}},$$

per le luci la cui forma è inclinata alla ragione di uno di base su due di altezza, e la mercè della formola

$$L = \frac{Q}{0{,}80 E \sqrt{2gH}},$$

per quelle che trovansi inclinate alla ragione di uno di base sopra uno di altezza.

E quì stimiamo inutile di ripetere che l'interno del canale presso la luce vuol esser disposto in guisa da evitare la contrazione sul fondo e sulle pareti.

Le due formole testè citate menano alla regola,

Che a conseguire la larghezza della luce in metri,
Convien moltiplicare il prodotto dell'alzata della cateratta e della velocità dipendente dalla carica sul centro della luce (n.° 2),
per 0,75 in quanto alle luci inclinate nella ragione di uno di base su due di altezza,
e per 0,80 rispetto alle aperture inclinate nella ragione di uno di base sopra uno di altezza;
Si divida indi il prodotto pel volume d'acqua erogabile espresso in metri cubi.

133. Larghezza interna della ruota. La larghezza interna della ruota fra le sue corone dee pareggiare quella della luce aumentata di $0^m,05$ a $0^m,10$.

134. Stabilire una ruota a pali curve atta ad erogare un dato volume di acqua. In tale ipotesi essendo noto il volume liquido smaltibile, adottata una dicevole alzata di cateratta, calcoleremo col soccorso della regola del n.° 132 la larghezza della luce, e disporremo la forma della gora e le proporzioni della ruota conformemente alla regola del n.° 94.

135. Ruote a cassette—Disponimento della paratoia. Due modi vi ha di regolar la paratoia per le ruote a cassette a

seconda che il livello delle acque nel serbatoio resti a un dipresso costante o sia variabile, oltre ad altre considerazioni. Quanto alle cadute il cui livello non varii oltre $0^m,20$ a $0^m,30$ è necessario che l'acqua si faccia pervenire sino in cima della ruota; e in tal caso, conoscendosi la massima e la minima altezza dell'acqua del serbatoio, assumeremo a base della costruzione l'altezza media. Di lì verremo in chiaro della totale caduta.

L'apertura di efflusso si praticherà verticale, e la sua soglia si adatterà per le cadute

di $2^m,60$ a 3^m ad un altezza di....	$0^m,50$,
3, 00 a 4..............................	0, 60,
4, 00 a 6..............................	0, 70,
6, 00 a 7..............................	0, 80,
7, 00 a 8..............................	0, 90,

inferiormente all'altezza media delle acque e conformata unitamente a'suoi lati rispetto alle pareti del serbatoio in una guisa da sfuggire agli effetti della contrazione della vena fluida.

In siffatta soglia andrà a metter capo una gora la cui larghezza pareggi quella della luce, come in appresso determineremo, ed inclinata tutto al più ad $^1/_{12}$: per essa correrà l'acqua ad investire la ruota. Potendo, le si assegnerà la lunghezza di un metro ad $1^m,50$. Tra la gora e la ruota sottoposta si lasci un gioco di $0^m,01$.

Indi dalla totale caduta si diffalchi l'insieme della carica d'acqua sulla soglia, della intera pendenza della gora e del gioco testè fissato: nel residuo si otterrà il diametro della ruota.

Disporremo i sostegni nella estremità del canale o del serbatoio in guisa che la soglia risulti il più dappresso possibile alla cima della ruota e la gora molto corta; a qual uopo converrà soventi adoperare delle mensole di ferro fuso a sorregger la gora.

136. Alzata della paratoia. Nei casi ordinari limitere-

mo l'alzata della paratoia a circa 0m 10, ammenochè non ne risulti rispetto alla luce ed alla ruota una larghezza che non saria prudente di adottare.

137. Numero e forma delle cassette. La distanza delle cassette presa sulla circonferenza esterna della ruota aggirar si debbe fra i 0m,30 ed i 0m,40, ed il numero di essi sia esattamente divisibile per quello delle razze della ruota. Il perchè vedremo quante volte entri 0m,35 nella lunghezza della periferia, e adotteremo per la quantità delle cassette il numero intero divisibile esattamente per quello delle razze il quale più si avvicini all'ottenuto quoziente.

Le corone abbiano nella dirittura del raggio una larghezza eguale alla distanza delle cassette misurata sulla periferia esterna.

Rispetto alle ruote di grand'effetto potremo, allo scopo di render minore la loro larghezza nel senso dell'asse, assegnare alle cassette una distanza di 0m,50, e tanta faremo pure la larghezza delle corone.

Si partirà la circonferenza esterna in tante parti quante esser denno le cassette, e pei punti di divisione si condurranno altrettanti raggi.

Si procederà dappoi a segnare la circonferenza media tra i due cerchi che limitano la corona; la porzione di raggio compresa fra tale circonferenza media e la interna periferia della corona, costituirà il fondo della cassetta.

Per descrivere la faccia anteriore della cassetta congiungeremo la estremità del fondo che si ritrova nella circonferenza media col punto di divisione della periferia esterna corrispondente al precedente raggio, ed otterremo per tal modo il contorno di dentro del profilo della cassetta; la quale se dovesse costruirsi di latta, converrebbe ritondar l'angolo tra 'l fondo e la faccia.

138. Determinare la velocita' nella circonferenza esterna della ruota. Affinchè l'acqua entri nelle cassette

senza spingerne le facce verso fuori, il che farebbela ribalzare, procederemo nel seguente modo.

In consonanza delle regole dei n.i 38 e 39, determineremo nommeno il punto *c* d'incontro (fig. 33) del filo medio con la circonferenza esterna della ruota, che la velocità di arrivo V dell'acqua e la sua dirittura in tal punto; sulla quale dirittura si adatterà una lunghezza *cd* presa su di una scala qualunque per denotare la divisata velocità. Segneremo il profilo *abc* di una cassetta la quale passi pel punto *c*, ed alla faccia *bc* condurremo pel punto *d* una parallela *de*, che incontrerà in *e* la tangente *ce* condotta in *c* alla circonferenza esterna della ruota: la lunghezza *ce* misurata sulla scala delle velocità sarà quella cui la ruota deve al massimo raggiungere perchè l'acqua non rimbalzi sulla faccia esterna della cassetta.

La velocità abituale o di regime vuol essere alquanto minore di quella che si sarà per tal modo determinata. Non di meno per le ruote di legno non dovrà essa restare al di sotto di 1^m ad $1^m,20$ per secondo, ond'evitare gl'inconvenienti della mancanza di equilibrio della ruota intorno al suo asse.

139. Altezza che l'acqua percorre sulla ruota. L'altezza *h* che l'acqua percorre sulla ruota pareggia nel caso presente il diametro di questa.

140. Volume di acqua necessario nell'allogamento di una ruota di data forza. Onde la ruota sia capace di produrre un dato effetto utile si richiede un volume d'acqua il quale viene espresso dalla formola

$$Q = \frac{Pv}{780\,h + 102\,(V\cos a - v)v} \text{ metri cubi};$$

in dove *Pv* rappresenta il dato effetto utile che debbe trasmettersi dalla ruota. Essa formola manoduce alla regola:

Che ad ottenere espresso in metri cubi il volume di acqua necessario a smaltirsi dalla ruota in 1'',

Convien moltiplicare la velocità V *di arrivo dell'acqua sulla ruota pel coseno dell'angolo ch' ella forma con la velocità* v *della circonferenza esterna; diffalcar questa dal prodotto, moltiplicare il resto per* 102 *volte essa velocità della circonferenza esterna, ed aggiungere il prodotto a* 780 *volte l'altezza* h *che l'acqua percorre sulla ruota;*

Si divida indi per l'ottenuto risultamento l'effetto utile o la quantità di lavoro che la ruota dee produrre, e nel quoziente si otterrà il volume erogabile in 1''.

141. Larghezza della luce. La larghezza della luce coordinata nel modo che venne dichiarato al n.° 135 si determinerà col mezzo della formola

$$L = \frac{Q}{0{,}70E\sqrt{2gH}},$$

donde s'inferisce la regola

Che fa d'uopo moltiplicare l'alzata della paratoia per la velocità dipendente dalla carica sul centro della luce (n.°2) *e per* 0,70*; dividere pel prodotto il volume d'acqua da smaltire in* 1''*:*

Il quoziente esprimerà in metri la larghezza della luce e della gora.

142. Larghezza della ruota. La larghezza interna della ruota dee pareggiare quella della luce aumentata di $0^m,10$.

143. Disponimento in alcuni casi della paratoia affinchè la ruota riceva l'acqua inferiormente alla sua cima. Quante volte il livello dell'acqua nel serbatoio soffra divario di meglio che $0^m,25$ a $0^m,30$ nell'altezza; ovvero semprechè dei peculiari motivi obblighino a far girare la ruota nello stesso senso del canale di scarico, giova disporre la paratoia nel modo che quì appresso diremo e che può del pari adottarsi per le cadute che fossero al di sopra di 4^m di altezza. Siffatta costruzione è identica a quella onde si tratta al n.°19 rappresentata nella fig. 8.

la cassetta. Dal punto c d'incontro del filo medio con la circonferenza esterna della ruota con un raggio eguale alla velocità $V=3^m$ preso sulla scala adottata, si descriva un arco di cerchio il quale incontrerà in d la linea ed. Si congiungano i punti cd : la linea cd prolungata al di sopra di c additerà la chiesta direzione del filo medio.

A dritta ed a manca di siffatta linea, alla distanza di 0^m, 05 le si conducano due parallele: le medesime determineranno la direzione dei tramezzi pei quali l'acqua dee cadere sulla ruota.

La velocità $v=0{,}66V$ determinata con la regola testè addotta vuolsi ritenere per la massima di tutte quelle che può la ruota ricevere.

Potendosi la superficie dell'acqua di molto abbassarsi al di sotto del livello medio egli è indispensabile di praticare un'altra apertura o condotto addizionale che in tal caso guiderebbe l'acqua alquanto più in basso sulla ruota.

In allora, ammettendo a cagion d'esempio che il livello sia $0^m{,}25$ più basso, s'indagherà come nel caso precedente la direzione che convien dare al filo medio onde pervenendo sulla ruota a $0^m{,}46$ inferiormente al livello depresso, si faccia esso ad introdurre nella cassetta $a'b'c'$ che ammettiamo giunta in detto punto, senza urtare per di fuori la faccia della medesima. Ripetendo dappoi la costruzione testè additata e supponendo sempre $V=3^m, v=0^m{,}66V=2^m$, si condurranno parallelemente alla dirittura del filo medio $c'd'$ due linee distanti 0^m, 05, le quali determineranno l'andamento dei tramezzi rispetto alla seconda apertura.

La direzione rinvenuta del tramezzo inferiore della prima luce, e quella del secondo tramezzo superiore del secondo orifizio, a un dipresso si confonderanno, e fra di esse si assumerà una direzione media per lo tramezzo comune alle due aperture.

Se il livello dell'acqua potesse deprimersi di vantaggio, si

supporrebbe di essere il medesimo disceso per altri $0^m,30$, e determineremmo, sempre sotto le stesse condizioni di $V = 3^m$ e $v = 0,66\,V = 2^m$, l'inclinazione dei tramezzi di un terzo orifizio.

Dopo di avere per tal modo fissate le direzioni dei tramezzi per tre luci, li troncheremo inferiormente a $0^m,01$ di distanza dalla periferia della ruota, e nel di sopra, a piano inclinato, il quale passando a $0^m,15$ o $0^m,20$ discosto dalla periferia della ruota, lascerebbe al primo ed al terzo tramezzo delle lunghezze a un dipresso eguali. Cotesto piano determinerà l'andamento dei gàrgami e delle guide destinati a dirigere la cateratta inclinata, la quale abbassandosi lascerà trascorrer l'acqua in uno o nell'altro orifizio.

Giova che cotesti accessori e tutte le parti anteriori donde il fluido si versa, vengano nel caso onde si tratta preparati di ferro fuso; e se la cateratta è della stessa materia, converrà equilibrarla con un contrappeso, in modo che l'apparecchio per la manovra della cateratta stessa abbia a superare i soli attriti.

146. Larghezza della luce. Per istabilire una ruota di data forza, si tenterà da prima di regolare la erogazione d'acqua ed indi la larghezza delle luci in guisa che ve n'esista aperta una sola per ogni volta.

A tal uopo calcoleremo innanzi tratto il volume d'acqua da erogare per la luce superiore la mercè della formola e della regola del n.° 140 con cui si conoscono V, v, a ed h, non che Pv o l'effetto utile del motore; dappoi determineremo la larghezza L della luce mediante la formola

$$L = \frac{Q}{0,75\,E\sqrt{2g}\,H},$$

in dove

E dinota la lunghezza della perpendicolare abbassata dal lem-

bo superiore della cateratta e dal secondo tramezzo sul primo che gli è opposto.

H l'altezza del livello medio delle acque superiormente al mezzo di questa linea.

Qualora non fosse straordinaria la larghezza di cui favellasi e gli accidenti locali consentano di adottarla, la riterremo per la dimensione diffinitiva assegnabile alla luce in senso parallelo all'asse.

Se per contrario fosse ella troppo grande, ammetteremo che la luce seguente venga disserrata in tutto od in parte, e denominando

E' la perpendicolare abbassata dalla sommità della cateratta sul secondo tramezzo,

H' l'altezza del livello superiormente alla metà di tale perpendicolare,

conseguiremo la dimandata larghezza della luce la mercè della formola

$$L = \frac{Q}{0{,}75\,(E\sqrt{2gH} + E'\sqrt{2gH'})};$$

la quale traducesi nella regola seguente applicabile del pari all'altra formola che precede, cioè

Che per calcolare la larghezza della cateratta nel caso in cui vi fossero più luci aperte ad un tempo,

Convien moltiplicare la larghezza della perpendicolare abbassata dal lembo di ciascuno di coteste luci sul tramezzo dirigente opposto per la velocità dipendente dall'altezza del livello superiormente al punto di mezzo di tale perpendicolare, e si faccia indi la somma di tutt'i simili prodotti, la quale si moltipliplichi per 0,75.

Si divida pel prodotto il volume di acqua da smaltire, e nel quoziente otterremo la larghezza assegnabile alla cateratta.

147. Larghezza interna della ruota. La larghezza interna della ruota pareggerà quella della luce determinata dalla formola or riferita, ma si aumenti di $0^m,05$ a $0^m,10$ da ciascun lato.

148. Osservazione relativa alla capacita' delle cassette. Dobbiamo in ogni caso assicurarci, applicando la regola del n.° 93, che sotto la velocità determinata dalla ruota e col volume d'acqua smaltito le cassette sol ricevano tanto liquido quanto al più pareggi la metà della capacità loro.

149. Stabilimento delle ruote pensili sui battelli. Debbono le ali avere un'altezza eguale ad $^1/_4$ od $^1/_5$ del raggio della ruota e che sia compresa tra $0^m,35$ a $0^m,80$. La distanza fra di esse sulla esterna circonferenza agguagliar debba la loro l'altezza.

La cima superiore delle ali resti immersa al di sotto del livello dell'acqua di una quantità la quale dipende dalla profondità della corrente e la quale nei mulini del Rodano giunse insino a $0^m,50$.

È utile di adottare alla estremità delle ali gli orli rivolti per $0^m,05$ a $0^m,10$.

Il Navier consiglia d'inclinare le ali per circa 30° sul raggio dal lato di sopra corrente tutte le volte che la ruota s'immerge per un $^1/_4$ o per $^1/_5$ del suo raggio; e di 15° quando ella vi si tuffa per $^1/_3$, ch'è il limite massimo a cui la ruota profondar deve nell'acqua.

Essendo l' altezza delle ali determinata dalle proporzioni or riferite, ed essendo nota la velocità V dell'acqua alla superficie, quella v del centro delle ali dovrà essere 0,4V.

Denominando E l'altezza delle ali, determineremo la larghezza che loro compete mediante la formola

$$L = \frac{Pv}{147,5E(V-v)^2v},$$

da cui si ricava

Che convien moltiplicare l'altezza immersa dell'ala pel qua-

drato dell'eccesso della velocità dell'acqua su quella della ruota, non che per detta velocità e per 147,5;

Si divida pel prodotto la quantità di lavoro che la ruota dee trasmettere in 1'':

Il quoziente additerà la larghezza assegnabile alle ali.

Esempio. Qual sarà la larghezza delle ali di una ruota pensile destinata a trasmettere una quantità di lavoro di 600^{chm}, in 1'' nelle seguenti condizioni?

Altezza delle ali................	$E=0^m,80$
Velocità della corrente.........	$V=1^m,80$
Velocità del centro delle ali...	$v=0,4V=0^m,72$.

La formola porge

$$L=\frac{600}{147,5\times 0,80\times(1,08)^2\times 0,72}=6^m,058.$$

Confronto delle varie specie di ruote idrauliche.

150. Vantaggi ed inconvenienti delle ruote ad ali piane. Le ruote ad ali piane che imboccano esattamente in una gora circolare con paratoia a stramazzo producono un effetto utile o lavoro disponibile, prescindendo dall'attrito del loro cardine, di 0,70 a 0,75 del lavoro assoluto del movente.

Possono esse, senza che ne soffra sensibilmente l'effetto utile, concepire molte svariate velocità, a principiare da quella dell'acqua affluente sino alla velocità per la quale le cassette vengono riempite al di là di $^2/_3$ della capacità loro.

Si attagliano in particolare alle cadute di $1^m,30$ sino a $2^m,50$.

Il raggio di esse dovendo per lo meno pareggiare l'altezza di caduta, si scorge che per le cadute al di là di $2^m,50$, risulterebbero troppo ampie e quindi soverchiamente pesanti.

Gl'inconvenienti di simili ruote consistono in avere talvolta un'ampiezza che gli accidenti locali e le difficoltà di costruzione non consentono di dar loro, e di non potersi muovere

tutte le volte che trovansi notabilmente immerse in sino a sopra l'altezza delle loro palette.

151. Vantaggi ed inconvenienti delle ruote a cassette. I vantaggi delle ruote a cassette sono gli stessi di quei delle ruote ad ali piane imboccate in gore circolari; e producono in effetto utile i 0,70 del lavoro assoluto del movente.

Convengono precipuamente nelle grandi cadute al di sopra di 3^m, ed avvegnachè non richiedesser l'uso di una gora circolare in cui vadano ad incastrarsi, quando le cassette son riempite soltanto a metà, dànno luogo a minor dispendio ed a meno imbarazzi.

Dovendovi inoltre arrivar l'acqua con una velocità che per solito è di 2^m,50 a 3^m per lo manco, ed essendo considerabile la caduta, sono esse in grado di avvantaggiarsi di voluminose correnti senz'aver d'uopo di una esagerata larghezza.

Posson girare anche quando fossero immerse insino a sopra l'altezza delle corone.

152. Vantaggi ed inconvenienti delle ruote ad ali curve. Le ruote ad ali curve costrutte secondo le regole stabilite dal Poncelet, *utilizzano* 0,65 del lavoro utile semprechè la totale caduta sia di 1^m,50 od anche meno, e 0,50 a 0,60 in maggiori cadute.

Camminano con una ragguardevole velocità, il che permette che la ruota compia un più gran novero di giri per minuto di quel che avvenga negli altri sistemi, senza che il loro effetto utile si allontani dal massimo rinvenuto.

La loro larghezza nommeno che quella della luce e delle gore, in parità di forza, sono assai minori delle simili dimensioni delle ruote ad ali piane; la qual cosa rende la loro costruttura più economica, da meno il loro peso, e consente di potersi stabilire in quelle località in cui le altre non potrebbero aver luogo.

Possono esse camminare immerse sino ad un'altezza per lo meno eguale a quella della corona, o sino al terzo dell'altezza

totale della caduta, donde ripetono esse una qualità preziosa per le contrade in pianura esposti ad inondazioni.

Offrono però l'inconveniente di non poter girare con una velocità sensibilmente minore di quella corrispondente al massimo effetto senza che l'acqua non rigurgiti nella ruota, donde producesi una perdita notevole nell'utile prodotto.

Riescono peculiarmente vantaggiose nelle piccole cadute di $1^m,50$ e al di sotto, con una forte erogazion di liquido.

153. Vantaggi dei turbini. I turbini del Fourneyron noverano i quì appresso vantaggi :

1.° Convengono a tutte le cadute dalle più deboli insino alle più grandi di cui l'arte si può valere;

2.° Trasmettono un prodotto utile netto eguale a 0,70 ed anche a 0,75 del lavoro assoluto speso dal motore;

3.° Posson camminare con velocità assai diverse da quella corrispondente al massimo effetto, senza che l'utile prodotto notabilmente varii da esso massimo;

4.° Sono in grado di operar sott'acqua a ragguardevoli profondità senza che il rapporto dell'utile prodotto al lavoro assoluto del movente gran fatto diminuisca.

Da cui s'inferisce, che allogandole a livello delle più basse acque di sotto corrente rendesi profittevole in ogni stagione l'intera caduta disponibile.

Se a coteste veramente preziose proprietà nel rispetto meccanico, l'altra si congiunga non lieve preminenza, di occupar esse un piccolo spazio e di poter senza grave dispendio, impacci e difficoltà allogarsi in quel sito qualunque di uno stabilimento industriale che meglio aggrada; e di camminare generalmente con velocità assai maggiore di quella di ogni altra maniera di ruote, il che dispensa dal ricorrere ad intralciate trasmissioni di moto, si ravviserà di leggieri qualmente cosiffatti apparati occupar debbono senza dubbio il primo posto fra' diversi motori idraulici.

DEI MULINI A VENTO

---

154. I mulini a vento più generalmente in uso presentano quattro ali rettangolari costituenti una superficie storta, della quale il listone più vicino all'asse di rotazione fa col piano di moto un angolo di circa 18°, ed il più lontano un angolo di circa 7.° Vanno conosciuti sotto il nome di *mulini alla olandese*.

Spesso le ali offrono la figura di un trapezio.

Le quattro braccia e le ali costituiscono ciò che *volante* si denomina.

Nei paesi di pianura l'asse di rotazione è inclinato di 8 a 15° all'orizzonte.

155. Del modo di determinare la velocita' del vento. La velocità V del vento può esser misurata con osservare quella di un corpo leggiero, come a cagion d'esempio, di una o più penne, il fumo di un cammino o quello della polvere da sparo, trasportato esso corpo all'altezza del volante pei campi dell'aria da una corrente qualunque.

Lo Smeaton addita un altro mezzo di valutarla, il quale consiste in dividere per 4 la velocità che assumono l'estremità delle ali quando, tenuto il mulino in riposo, gira il volante a vuoto.

156. Quantita' di lavoro trasmessa alla circonferenza delle ali. Denominando O la superficie di una delle quat-

tro ali , sarà dato l'effetto utile o la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza delle ali, coerentemente alle sperienze del Coulomb e dello Smeaton, col soccorso della formola pratica

$$Pv = 0{,}13OV^3 \text{ chil. metri,}$$

in dove la velocità v della estremità delle ali dee pareggiare, per l'effetto massimo del motore, 2,60 volte quella V del vento.

Da siffatta formola si ritrae

Che ad ottenere la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza esterna delle ali,

Convien moltiplicare i 0,13 della superficie di un' ala pel cubo della velocità del vento.

Esempio. Diffinire la quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza èsterna delle ali di un mulino a vento alla olandese, le cui quattro ali presentano le seguenti dimensioni

Lunghezza	$10^m, 40$
Larghezza	$1^m, 95$
Superficie di un' ala.	$20^{mq},28$
Velocità del vento in 1″.	$6^m, 50$
Velocità degli estremi delle ali	$16^m, 85.$

Si rinviene

$$Pv = 0{,}13 \times 20^{mq},28 \times (6^m,50)^3 = 720^{chm}, = 9^{cavalli},70.$$

DELLE MACCHINE A VAPORE

Sperimenti sul vapore.

157. **Rapporto tra la tensione e la temperatura del vapore.** Prima che ci facessimo a riferir le regole da seguire per conoscere l'effetto utile delle macchine a vapore, noi verremo indicando il modo di determinare varie importanti condizioni del calcolo di cui si tratta.

Esprimeremo variamente la pressione o la tensione del vapore, al pari di quella dei gas, come già fu per noi additato ai n.° 72 e segnenti.

Ritrovandosi il vapore in continua comunicazione con la caldaia che lo produce, viene tra la sua temperatura e la sua tensione a stabilirsi un rapporto che secondo i begli esperimenti dei sigg. Arago e Dulong * dichiarasi nella formola

$$p = 1^{ch},033\,(0,2847 + 0,0071531)^5,$$

in dove

p esprime la pressione sur un centimetro quadrato,

t la temperatura in gradi centigradi.

Ella traducesi nella regola

* Annali di fisica e chimica, 1830.

Che ad ottenere la pressione del vapore di acqua in una caldaia in cui la temperatura sia t,

Convien moltiplicare essa temperatura t espressa in gradi centigradi per 0,007153, *aggiungere al prodotto* 0,2847, *ed elevare la somma alla quinta potenza;*

Nel risultato si avrà la pressione del vapore espresso in atmosfere.

Il quale moltiplicandosi per 1,033, *darà la pressione esercitata dal vapore su ciascun centimetro quadrato.*

Esempio. Qual sarà la tensione del vapore a 128°,8? Otterremo

$$p=1,033(0,2847+0,007153\times128,8)^5=1,033\times2,551=2,^{ch}635.$$

Pertanto gli sperimenti offrono $p = 2^{ch},582$.

158. Possiamo evitare il calcolo precedente, prevalendoci della tabella di cui andiamo debitori a'mentovati due fisici illustri.

TABELLA DELLE FORZE ELASTICHE DEL VAPORE D'ACQUA, NON CHE DELLE CORRELATIVE TEMPERATURE, DA UNA SINO A VENTIQUATTRO ATMOSFERE SECONDO L' OSSERVAZIONE, E DA VENTIQUATTRO A CINQUANTA ATMOSFERE COL MEZZO DEL CALCOLO.

ELASTICITA' del vapore, assumendo la pressione dell' atmosfera per unità.	COLONNA di mercurio a 0° la quale misura la elasticità.	TEMPERATURE correlative, date dal termometro centigrado a mercurio.	PRESSIONE sur un centimetro quadrato in chilogrammi.	ELASTICITA' del vapore, assumendo la pressione dell'atmosfera per unità.	COLONNA di mercurio a 0° la quale misura la elasticità.	TEMPERATURE correllative, date dal termometro ceoligrado a mercurio.	PRESSIONE sur un centimetro quadrato in chilogrammi.
»	0,0013	— 20,0	0,0018	4 1/2	3,42	49,06	4,648
»	0,0019	— 15,0	0,0026	5	3,80	153,08	5,165
»	0,0026	— 10,0	0,0036	5 1/2	4,18	156,80	5,681
»	0,0036	— 5,0	0,0050	6	4,56	160,20	6,198
»	0,0050	0,0	0,0069	6 1/2	4,94	163,48	6,714
»	0,0069	5,0	0,0094	7	5,32	166,50	7,231
»	0,0095	10,0	0,0129	7 1/2	5,70	169,37	7,747
»	0,0128	15,0	0,0170	8	6,08	172,10	8,264
»	0,0173	20,0	0,0235	9	6,84	177,10	9,297
»	0,0231	25,0	0,0314	10	7,60	181,60	10,335
»	0,0306	30,0	0,0418	11	8,36	186,03	11,363
»	0,0404	35,0	0,0549	12	9,12	190,00	12,396
»	0,0530	40,0	0,0720	13	9,88	193,70	13,429
»	0,0687	45,0	0,0934	14	10,64	197,19	14,462
»	0,0887	50,0	0,1265	15	11,40	200,48	15,495
»	0,1137	55,0	0,1544	16	12,16	203,60	16,528
»	0,1447	60,0	0,1965	17	12,92	206,57	17,561
»	0,1827	65,0	0,2482	18	13,68	209,40	18,594
»	0,2290	70,0	0,3112	19	14,44	212,10	19,627
»	0,2831	75,0	0,3963	20	15,20	214,70	20,660
»	0,3521	80,0	0,4783	21	15,96	217,20	21,693
»	0,4317	85,0	0,5865	22	16,72	219,60	22,726
»	0,5253	90,0	0,7136	23	17,48	221,90	23,759
»	0,6343	95,0	0,8617	24	18,24	224,20	24,792
1	0,7600	100,0	1,0335				
1 1/2	1,1400	112,2	1,5490	25	19,00	226,30	25,825
2	1,5200	121,4	2,0660	30	22,80	236,20	30,990
2 1/2	1,9000	128,8	2,5820	35	26,60	244,85	36,155
3	2,2800	135,1	3,0990	40	30,40	252,55	41,320
3 1/2	2,6600	140,6	3,6150	45	34,20	259,52	46,485
4	3,0400	145,4*	4,1320	50	38,00	265,89	51,650

* Le temperature corrispondenti alle tensioni di una a quattro atmosfere inclusivamente vennero calcolate con la formola del Tredgold, la quale in questa parte della scala consuona meglio dell'altra con le osservazioni.

159. Peso di un metro cubo di vapore d'acqua ad una data temperatura. Il peso di un metro cubo di vapored'acqua, o la sua densità d alla temperatura t° cui corrisponde la pressione p per centimetro quadrato, vien dato dalla formola del n.° 78 che stimiamo di dover quì riprodurre, e ch'è la seguente

$$d = \frac{0,7827}{1 + 0,00375t} p,$$

la quale mena alla regola

Che ad ottenere il peso di un metro cubo di vapore d'acqua alla temperatura t° ed alla pressione p sur un centimetro quadrato,

Convien dividere 0,7827 per l'unità aumentata di 0,00375 volte la temperatura espressa in gradi centigradi, e moltiplicare il quoto per la pressione sur un centimetro quadrato espresso in chilogrammi;

Il prodotto dinoterà il peso richiesto del metro cubo.

Esempio. Qual'è la densità od il peso di un metro cubo di vapore alla pressione di $2^{at},5$ ovvero di $2^{chil},582$ per centimetro quadrato?

In consonanza del precedente specchio, la temperatura è $t = 128^{\circ},8$; il perchè risulta

$$d = \frac{0,7827}{1 + 0,00375 \times 128^{\circ},8} \times 2^{chil},582 = 1^{chil},363$$

160. Peso di un dato volume di vapore d'acqua. Quindi il peso di un dato volume v di vapore d'acqua alla temperatura t ed alla pressione p si otterrà, moltiplicando il dato volume pel peso del metro cubo calcolato come dianzi.

E contrassegnandolo con q, si avrà

$$q = dv^{chil}.$$

161. Volume di un dato peso di vapore ad una pressione e temperatura, stabilite. Otterremo viceversa il volume

di un dato peso di vapore d'acqua ad una temperatura e pressione stabilite, la mercè della formola

$$V=\frac{q}{d}=1,2777q\frac{1+0,00375t}{p},$$

donde si deduce

Che ad ottenere il volume di un dato peso di vapore , si dee moltiplicare la temperatura in gradi centigradi per 0,00375, *aggiungere al prodotto l'unità, dividere la somma per la pressione espressa in chilogrammi sur un centimetro quadrato, e moltiplicare il quoziente per* 1,2777 *volte il peso stabilito;*

Il risultamento profferirà il chiesto volume.

Esempio. Qual sarà il volume corrispondente al peso di 1^{chil}, 5 di vapore d'acqua alla temperatura di 128°,8 ed alla pressione di 2,5 atmosfere o 2^{chil},582 per centimetro quadrato?

Ne risulta

$$V=1,2777\times1,50\times\frac{1+0,00375\times128°,8}{2,582}=1^{mc},10.$$

162. Definizione dell' unita' di calore. Onde comparar tra loro le quantità di calore, assumeremo per unità, ad imitazione del Clément, la quantità di calore che si appalesa necessaria per elevare di un grado del termometro centigrado la temperatura di un chilogrammo d'acqua, e chiameremo *caloria* cotesta unità.

Esempio. Quante calorie vi ha in un chilogrammodiacqua a 18°?

A seconda della definizione, ve ne ha 18.

Quante calorie vi ha in 25 litri o chilogrammi d'acqua a 125°?

Ve ne ha 25 × 125° = 3125 calorie.

163. Quantita' di calore sviluppata dai combustibili diversi. Le quantità di calore sviluppate da un chilo-

grammo di combustibili diversi vennero diffinite col soccorso del calorimetro di Lavoisier e trovansi riprodotte nella seguente tabella.

QUANTITA' DI CALORE SVILUPPATE DA UN CHILOGRAMMO DI COMBUSTIBILI DIVERSI.

NATURA DEI COMBUSTIBILI	QUANTITA' di calore sviluppata in calorie	OSSERVAZIONE
	calorie	
Carbone di legno secco o distillato..	7050	È indifferente la specie
Carbone di legno ordinario	6000	Contenendo 0,20 di acqua
Cocco puro	7050	
Carbon fossile di prima qualità	7050	Contenendo 0,02 di cenere
Carbon fossile di seconda qualità...	6345	idem 0,10 idem
Carbon fossile di terza qualità......	5932	idem 0,20 idem
Legno disseccato al fuoco............	3666	È indifferente la specie; contenendo 0,52 di carbone
Legno disseccato all'aria.............	2945	Contenendo 0,20 di acqua
Torba ordinaria..........................	1500	
Torba di prima qualità	3000	Sperimenti del Garnier

Ma la sperienza dimostra che i focolari meglio costrutti non utilizzano più di 0,55 a 0,64 della quantità di calore sviluppata dal combustibile, e secondo un tal rapporto sarà lieve di calcolare la quantità di calore che potrà rendersi profittevole in un dato focolare per ogni chilogrammo di combustibile acceso.

164. QUANTITA' DI CALORE CONTENUTO IN UN DATO PESO DI VAPORE. La quantità di calore contenuta in un dato peso di vapore alla temperatura t viene espressa da

$$q\,(550+t)\ \text{calorie},$$

donde si deduce,

Che ad ottenere la quantità di calore contenuta in un dato peso di vapore,

Conviene aggiungere 550 alla temperatura del vapore espres-

sa in gradi centigradi e moltiplicar la somma pel peso del vapore.

Esempio. Qual è il numero delle unità di calore contenute in sei chilogrammi di vapore a 120° ?

Rinverremo pel numero richiesto

$$6\times(550+120)=4020 \text{ calorie.}$$

165. Quantita' di combustibile necessaria per conseguire un dato peso di vapore. La quantità di combustibile necessaria per trasformare un dato peso q di acqua, alla temperatura t' in vapore della temperatura t, denominando con n il numero di unità di calore il quale può utilizzarsi in un buon focolare ad ogni chilogrammo di combustibile acceso, vien diffinita (163) dalla formola

$$q\times\frac{(550+t-t')}{n}\text{chil.},$$

la quale mena a questo,

Che per calcolare il peso di combustibile necessario perchè un dato peso di acqua sotto una stabilita temperatura si trasmuti in vapore ad una temperatura anche data,

Fa d' uopo aggiugnere 550 all' eccesso della temperatura del vapore su quella dell' acqua, moltiplicar la somma pel peso dell' acqua da svaporare, e dividere il prodotto pel numero di unità di calore che può conseguirsi in un buon focolare col combustibile impiegato.

Esempio. Qual è il peso del carbon fossile di prima qualità che fa d'uopo ardere per produrre 10 chilogrammi di vapore a 135° con acqua a 15.° ?

Ammettendo che il focolare renda profittevole 0,60 del calore sviluppato dal combustibile, la regola dianzi produce

$$10\times\frac{(550+135-15)}{0,60\times7050}=1,58^{\text{chil}}.$$

166. Quantita' di acqua necessaria all' injezione. Il peso q di acqua alla temperatnra t' che fa d'uopo mescere ad un dato peso q di vapore alla temperatura t perchè la mistione avvenga alla temperatura t'', si determina mediante la formola

$$q'=\frac{q(550+t-t'')}{t''-t'},$$

donde si raccoglie,

Che conviene aggiungere 550 all'eccesso della temperatura del vapore su quella che aver debbe la miscela, moltiplicare la somma pel peso del vapore da condensare, e dividere il prodotto per l'eccesso della temperatura di detta miscela su quella dell'acqua fredda:

Nel quoziente si avrà il peso dell' acqua fredda da injettare.

Esempio. Diffinire il peso di acqua a 12° che conviene injettare nel condensatore di una macchina a bassa pressione onde addensare 7^{chil} di vapore a 100° ed in guisa che la mescolanza avvenga a 35.°

La regola testè addotta porge

$$q'=\frac{7(550+100-35)}{35-12}=187^{chil} \text{ ovvero litri.}$$

167. Quantita' di vapore necessaria per elevare un dato volume d'acqua ad una prestabilita temperatura. Il peso del vapore q alla temperatura t che fa d'uopo condensare in un peso q' d' acqua alla temperatura t' onde la miscela riesca ad una data temperatura t'', vien diffinito mediante la formola

$$q=\frac{q'(t''-t')^{chil}}{550+t-t''};$$

dalla quale si ricava,

Che vuolsi moltiplicare il peso di acqua da riscaldare per l'ec-

cesso della temperatura che aver debbe la miscela sulla temperatura dell'acqua fredda, e dividere il prodotto per 550 accresciuto dell'eccesso della temperatura del vapore su quella che assumer debbe la mistione:

Il prodotto additerà il peso del vapore da condensare.

Esempio. Qual è il peso del vapore a 130° che convien condensare in un tino con colori da tignere contenente 2^{mc} o 2000^{chil} di acqua a 12°, perchè la miscela riesca a 55° ?

La regola precedente mena a

$$q = \frac{2000(55-12)}{550+130-12} = 129^{chil} \text{ circa.}$$

EFFETTO DELLE MACCHINE A VAPORE.

168. È invalso l'uso di valutare la potenza delle macchine a vapore col raffrontarla alla forza del cavallo, di cui si suppone che il lavoro sia di 75 chilogrammi elevati a 1^m in $1''$.

Talvolta si vien comparando la quantità di carbone consumata alla quantità di lavoro prodotto.

Noi ci faremo ad additare le regole che convien seguire rispetto a cotesti due generi di confronti.

169. Macchine a bassa pressione del sistema di Watt. La forza in cavalli di una macchina a bassa pressione del sistema di Watt vien determinata la mercè della formola

$$Kn \times 2{,}222pv\left(1-\frac{p'}{p}\right),$$

in dove

p esprime la pressione del vapore della caldaia sur un centimetro quadrato,

v il volume ingenerato dallo stantuffo in una semplice impulsione, in metri cubi

p' la tensione del vapore nel condensatore (inferendosi ella

per solito dalla temperatura dell'acqua nel condensatore, regola del n.° 157 o tabella del n.° 158),

n il numero delle semplici impulsioni dello stantuffo in 1′,

K un coefficiente costante, il cui valore reperibile nella seguente tabella dipende dalla forza della macchina, dal modo più o meno perfetto onde venne eseguita, e dal suo stato di mantenimento.

FORZA DELLE MACCHINE IN CAVALLI.	VALORE DEL COEFFICIENTE K per le macchine.	
	In ottimo essere.	In istato ordinario di mantenimento.
4 a 8	0,50	0,42
10 a 20	0,56	0,47
30 a 50	0,60	0,54
50 a 100	0,65	0,60

La formola testè addotta dà luogo alla regola pratica,

Che a conseguire la forza in cavalli di una macchina a bassa pressione ,

Convien moltiplicare 2,222 *per la pressione del vapore su di un centimetro quadrato espressa in chilogrammi, pel volume ingenerato dallo stantuffo, pel numero delle semplici impulsioni di quest' embolo in 1′ e per l' eccesso dell' unità sul rapporto della pressione nel condensatore alla pressione nella caldaia ;*

Indi moltiplicare un tal prodotto pel valore del coefficiente K *preso nello specchio precedente e relativo alla forza nominale ed allo stato di mantenimento della macchina.*

Esempio. Qual' è la forza in cavalli della macchina a bassa pressione stabilita dai sigg. Peel e Williams nella filanda dei sigg. Dolfus, e Mieg (basso-Reno) nell' ipotesi che sia convenevolmente mantenuta, nelle seguenti condizioni ?

Pressione del vapore nella caldaia. . . . . $p = 1^{chil},329$
Pressione nel condensatore. . . . . $p' = 0 \;\; ,103$
Volume ingenerato dallo stantuffo. . . . . $v = 0^{mc},458$
Numero di colpi dello stantuffo in 1′ . . . $n = 41 \;\; ,8.$
Sarà la forza in cavalli

$$0,56 \times 41,8 \times 2,222 \times 1^{chil},329 + 0^{mc},458(1 - {}^{1}/_{40}) = 28^{chil},45.$$

La sperienza istituita col freno della società industriale di Mulhouse ha dato per la forza in cavalli di questa macchina 2257^{chil} o 30 cavalli *

170. Quantita' di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbon fossile. La quantità di lavoro relativa alla combustione di un chilogrammo, il carbon fossile si determina con la formola

$$K45038923 \; \frac{1+0,00375t}{550+t-t'} \left(1 - \frac{p'}{p}\right)^{chm},$$

in cui oltre alle significanze del numero precedente, vale il pregio di rammentare che

t esprime in gradi centigradi la temperatura del vapore nella caldaia corrispondente alla pressione p,

t' dinota in gradi centigradi la temperatura dell'acqua che alimenta la macchina e la quale è d'ordinario quella del condensatore;

ovvero con bastevole approssimazione per la pratica, la mercè dell'altra formola

$$100000\,K \left(1 - \frac{p'}{p}\right)^{chm} {}^{**},$$

* Atti della società industriale di Mulhouse, n. 42, pag. 133.

** Questa riduzione ad una formola più semplice risulta dacchè il fattore $\frac{1+0,00375t}{550+t-t'}$ varia assai poco dalla pressione di una sino a quella di 8 a 10 atmosfere, le quali per solito non si oltrepassano nelle macchine in uso. Il suo valor medio è 0,00222.

donde si rileva

Che fa d'uopo sottrarre dall' unità il rapporto della pressione del condensatore a quella della caldaia, moltiplicare il resto per 100000 e pel valore del coefficiente di correzione K desunto dalla tabella del n.° 169 *corrispondente alla forza ed allo stato di mantenimento della macchina :*

Esprimerà il prodotto la quantità di lavoro utilizzata dalla macchina per ogni chilogrammo di carbone combusto.

ESEMPIO. Diffinire la quantità di lavoro corrispondente alla combustione di un chilogrammo di carbon fossile per una macchina a bassa pressione in ottimo stato di mantenimento ed alle seguenti condizioni ?

Pressione del vapore nella caldaia	. . . .	$1^{chil},291$
Temperatura	id.	107°
Pressione del vapore nel condensatore	. . . .	$0^{chil},055$
Temperatura	id.	35°

Quindi la chiesta quantità di lavoro sarà

$$0,56 \times 45038925 \times \frac{1 + 0,00375 \times 107}{550 + 107 - 35}\left(1 - \frac{0,055}{1,291}\right) = 54497^{chm}.$$

La formola ridotta a più semplice forma darebbe $53614^{chm.}$

171. Forza in cavalli delle macchine ad espansione ed a condensamento. Rispetto alle macchine ad espansione ed a condensamento, siasi qualsivoglia il modo onde si esegua, ed abbia pur l'apparato uno, due, o tre cilindri, la forza in cavalli verrà determinata la mercè della formola

$$Kn \times 2,222pv\left(1 + 2,303 \log. \frac{p}{p_1} - \frac{p'}{p_1}\right),$$

in cui

n dinota il numero delle semplici impulsioni dello stantuffo in 1',

p la pressione del vapore nella caldaia,

p_1 la pressione del vapore dopo che ha esercitata la sua forza elastica,

p' la pressione nel condensatore corrispondente alla sua temperatura,

v il volume ingenerato dallo stantuffo, sul quale affluisce il vapore della caldaia in tempo che vi viene introdotto,

K un coefficiente costante dipendente dalla forza della macchina, dallo stato di sua conservazione, ed il quale coerentemente a risultamenti delle sperienze raccolte sulla materia, si determina per mezzo della quì appresso tabella:

FORZA DELLE MACCHINE in cavalli di 75 chm.	VALORE DEL COEFFICIENTE K per le macchine In ottimo essere.	In istato ordinario di mantenimento.	OSSERVAZIONI.
4 a 8	0, 33	0, 30	Sperimenti fatti a Douay nel 1828.*
10 a 20	0, 42	0, 35	
20 a 40	0, 50	0, 42	Sperimenti del Prony.** Rapporto sulle miniere della Cornovaglia.
60 a 100	0, 60	0, 55	

dalla formola testè riportata s'inferisce,

Che fa d'uopo aggiungere all'unità il prodotto di 2,303 *pel logaritmo del rapporto della pressione nella caldaia a quella della espansione, o del rapporto del volume del vapore dopo la espansione a quello ch' esso occupava sotto la pressione nella caldaia; dalla somma indi sottrarre il rapporto tra la pressione nel condensatore e quella del vapore dopo essersi espanso; moltiplicare il residuo per* 2,222 *e pel numero delle semplici impulsioni dell' embolo in 1' nommeno che per la pressione dello stesso agente sur un centimetro quadrato di superficie espresso in chilogrammi, e pel volume di esso vapore simboleggiato in metri cubi;*

* Atti del Corpo di artiglieria, numero terzo.

** Giornale delle miniere, vol. XII.

Si moltiplichi dappoi il conseguito risultamento pel coefficiente K relativo allo stato di mantenimento ed alla forza della macchina nel modo che l'addita lo specchio dianzi.

Nelle applicazioni possiam trasandare l'impiego delle tavole logaritmiche e limitarci ad un' approssimazione che in pratica basterà quasi sempre, assumendo

$$2{,}303 \log.\frac{p}{p_1} = \frac{1}{6}\left[\frac{p}{p_1} + \frac{8(p-p_1)}{p+p_1} - \frac{p_1}{p}\right].$$

Esempio. Qual' è la forza in cavalli della macchina ad espansione e condensamento costrutta da' sigg. Regler e Dixen della filanda de' sigg. Schlumber-Steiner e compagni, in istato ordinario di mantenimento e nelle quì appresso condizioni?

Pressione del vapore nella caldaia . . $p = 3^{at}, 75 = 3^{chil}{,}874$

Pressione della espansione $p_1 = \frac{1}{3{,}88}p = 0{,}967 = 0,\ 999$

Pressione nel condensatore. . . . . $p' = 0^{chil}, 103$

Volume del vapore alla pressione p, introdotto nell' apparato ad ogni colpo dell'embolo . . . . $v = 0^{m}, 0687$

Numero dei colpi dell'embolo in 1'. . . . . . $n = 52$.

La regola dianzi porge

$$0{,}42 \times 52 \times 2{,}222 \times 3^{chil}{,}874 \times 0^{mc}{,}0687(1+2{,}3026\log.3{,}88-0{,}10) = 29^{cavalli.}$$

L' esperimento istituito col freno dalla società industriale di Mulhouse ha dato per la forza di codesto apparato *

1896^{km} ovvero $25^{cav.}, 3$.

172. Quantita' di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbon fossile delle macchine ad espansione condensamento. La quantità di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbon fossile si determina con la formola

* Atti della società industriale di Mulhouse, n. 42, pag. 133.

$$K 45038925 \frac{1+0{,}00375t}{550+t-t'}\left(1+2{,}303 \log.\frac{p}{p_1}-\frac{p'}{p_1}\right)^{\text{chm}}.$$

In essa son note tutte le significanze, coerentemente alle convenzioni che precedono.

Del pari che al n.° 170 possiamo sostituire all'ultima formola, l'altra più semplice e bastevolmente esatta in pratica

$$100000K\left(1+2{,}303 \log.\frac{p}{p_1}-\frac{p'}{p_1}\right)^{\text{chm}},$$

la quale traducesi in questo,

Che fa d'uopo aggiungere all'unità il prodotto di 2,303 *pel logaritmo del rapporto tra la pressione nella caldaia e l' altra della espansione o del rapporto tra'l volume del vapore dopo la espansione e quello ch'esso occupava sotto la pressione della caldaia ; sottrarre dalla somma il rapporto della pressione nel condensatore a quella del vapore dopo che ha operato con la sua elasticità;*

Moltiplicare il resto per 100000 *e pel coefficiente K scelto nella precedente tabella, secondo la forza e lo stato di mantenimento della macchina:*

Il prodotto esprimerà la quantità di lavoro utilizzata dalla macchina per ogni chilogrammo di carbone consunto.

Esempio. Qual'è la quantità di lavoro utilizzata per ogni chilogrammo di carbone consunto in una macchina ad espansione e condensamento, debitamente mantenuta e nelle seguenti condizioni?

Pressione del vapore nella caldaia $p=3^{\text{at}},25=3^{\text{chil}},37$

Pressione della forza elastica $p_1={}^1/_4\, p=0^{\text{at}},813=0^{\text{chil}},843$

Pressione dello stesso agente nel condensatore. . . . . $p'=0^{\text{k}},055$

Temperatura del vapore nella caldaia . . . . 137°

Temperatura dell'acqua. . . . . 35°.

La regola precedente offre

$$0,42.45038925.\frac{1+0,00375.137}{550+137-35}\left(1+2,303\log.4-\frac{0,055}{0,843}\right)$$
$$=101788^{chm}.$$

Ma dalla formola renduta più semplice sarebbonsi conseguiti 97700^{chm}.

173. Osservazione relativa all'uso delle regole precedenti. Farem notare che non possono le regole precedenti applicarsi se non quando la chiave regolatrice la quale permette al vapore di passare nella capacità di ripartizione, trovasi interamente aperta durante il periodo in cui viene il vapore introdotto, od in altri termini, quando il vapore giunge a ridondanza sull'embolo, in guisa che la tensione di tale agente nel cilindro differisca il meno possibile da quella della caldaia.

Dovremo altresì assicurarci che non trapeli troppo vapore dagli emboli, il che sarà facile di riconoscere osservando la temperatura del condensatore, fatto prima sostar la macchina, indi aprendo per alcuni istanti la chiave per cui s'introduce il vapore, e tenendo sempre immota la macchina; nel qual tempo non deve il condensatore acquistare un aumento significante di temperatura. Quanto alle emissioni a traverso ai guernimenti, si ravvisano esse con un attento esame dell'apparato.

174. Macchine a vapore usitate negli aggottamenti. Semprechè le macchine a vapore vengono impiegate negli aggottamenti, le resistenze passive, le sospensioni di lavoro e le perdite che le trombe sperimentano, ingenerano nell'effetto utile, misurato dal prodotto del peso dell'acqua elevata per l'altezza cui dessa perviene, uno scapito ragguardevole che vie meglio si accresce per trascuranza nel mantenimento di simili macchine, d'ordinario confidate alle cure d'inesperti operai.

In seguito alle quali osservazioni fatte sur un gran novero di apparati, saremo in grado di valutare la quantità di lavoro abitualmente utilizzata dalle varie specie di macchine col soccorso della seguente tabella:

Sistema di costruzione delle macchine	Nomi dei costruttori	Forza nominale in cavalli	Effetto utile per chilogrammo del carbone consunto	Quantità di carbone consunto per forza di cavallo ad ora	Tensione media del vapore	Osservazioni.
Newcomen....	»	44	km 21000	chil 13	atm 1, 15	Risultato medio di 4 macchine.
Watt a semplice effetto.......	Constt Perier	80	38900	6 94	1, 25	Tromba di Chaillot.
		24	37715	7 10	1, 15	Tromba del Gros Caillou.
Watt a doppio effetto..	Watt, Boulton	70	36776	7 30	1, 25	Effetto medio di 8 macchine ad Anzin.
Woolf..	Edwards	10 a 12	32970*	8 18	3, 50	Risultato medio di 21 macchine ad Anzin.

175. Macchine ad alta pressione con espansione e senza condensamento; forza in cavalli. La forza in cavalli di simiglianti macchine sarà data la mercè della formola

$$Kn\times 2,222pv\left(1+2,303\ \log.\ \frac{p}{p_1}-\frac{1,^{chil}033}{p_1}\right),$$

in dove i simboli presentano gli stessi valori che innanzi, ed in cui faremo

Per le macchine in ottimo essere. . . . . . . $K = 0,40$

Per idem in istato ordinario di mantenimento. $K = 0,35$.

Codesta formola traducesi in questo,

Che fa d'uopo moltiplicare per 2,303 *il logaritmo del rapporto della pressione nella caldaia a quella della elasticità, o del volume del vapore dopo la espansione a quello che esso occupava sotto la pressione nella caldaia; al prodotto aggiungere l'unità, e dalla somma sottrarre il rapporto di* 1,033 *alla pressione della forza elastica;*

* Questo risultamento, di molto inferiore a quello che si ottiene da simili macchine in buon essere, dimostra che nelle miniere rileva d'impiegare gli apparati che sono ad un tempo i più semplici ed i più grandi.

Moltiplicare il residuo pel volume in metri cubi del vapore che subisce la pressione nella caldaia, non che per tale pressione in chilogrammi sur un centimetro quadrato, per 2,222, pel numero delle semplici impulsioni dell'embolo in 1′ e pel coefficiente 0,40, quando si tratta di una macchina in ottimo essere, e per 0,35, ove sia parola di una macchina in istato ordinario di mantenimento.

Esempio. Diffinire la forza di una macchina a vapore ad alta pressione con espansione e senza condensamento, mantenuta in istato ordinario, nelle seguenti condizioni.

Pressione del vapore nella caldaia . . $p = 6^{at} = 6^{chil},199$

Pressione della forza elastica $p_1 = {}^1/_6 p = 1^{at} = 1^{chil},033$

Volume del vapore introdotto ad ogni colpo dell' embolo, o volume ingenerato dall'embolo stesso. . . . . $v = 0^{mc},020$

Numero delle semplici impulsioni dell'embolo in 1′ . . . . $n = 44$

Quindi la formola dianzi porge

$0,35 \times 44 \times 2,222 \times 6,199 \times 0,020 (1 + 2,303 \log.6 - 1) = 7,75.$ cavalli

176. Quantita' di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbon fossile. La quantità di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbon fossile in simili macchine si determina lamercè della formola

$$K 45038925 \frac{1 + 0,00375t}{550 + t - t'} \left(1 + 2,303 \log. \frac{p}{p_1} - \frac{1,033}{p_1}\right)^{chm},$$

In essa tutte le lettere presentano le identiche significanze di qui sopra, ed al coefficiente K attribuiremo i valori testè riferiti.

Possiamo per tanto sostituire a tale formola con bastevole esattezza nella pratica, l'altra

$$100000 K \left(1 + 2,303 \log. \frac{p}{p_1} - \frac{1,033}{p_1}\right)^{chm},$$

la quale traducesi nella regola,

Che convien moltiplicare per 2,303 il logaritmo del rapporto tra la pressione nella caldaia e quella della forza elastica, ovvero del rapporto del volume del vapore a quello ch'esso occupava sotto la pressione nella stessa caldaia; aggiungere l'unità al prodotto, e dalla somma sottrarre il rapporto di 1,033 alla pressione di detta forza.

Moltiplicare il resto per 100000 e pel coefficiente
0,40 *se si tratta di macchine in ottimo essere, e*
0,35 *per i simili apparati validamente mantenuti:*

Il prodotto esprimerà la quantità di lavoro utilizzata per ogni chilogrammo di carbon fossile.

Esempio. Diffinire la quantità di lavoro utilizzata per ogni chilogrammo di carbon fossile in una macchina a vapore ad espansione e senza condensamento, validamente mantenuta ed alle quì appresso condizioni.

Pressione del vapore nella caldaia. . . . $p=5^{at}=5^{chil},156$
Pressioue della forza elastica . . $p_1={}^1/_5 p=1^a=1^{chil},033$
Temperatura del vapore nella caldaja. $t=153°,06$
Temperatura dell'acqua. . . . . . . $t'=15°$

La prima formola dà 5855^{chm}, e
l'altra più semplice offrirebbe 57435^{chm}.

177. Forza in cavalli delle macchine a vapore fisse ad alta pressione, senza espansione e senza condensamento. Calcoleremo la forza in cavalli di simili apparati la mercè della formola

$$K.n\times 2,222pv\left(1-\frac{1,033}{p}\right),$$

in dove l'insieme dei simboli presenta valori già noti ed in cui daremo al coefficiente K lo stesso valore di quello delle macchine a bassa pressione (n.° 169) a seconda del loro stato di mantenimento.

Siffatta formola traducesi nella regola,

Che per calcolare la forza in cavalli di una macchina a vapore fissa ad alta pressione,

Convien moltiplicare il volume ingenerato dall' embolo per 2, 222 volte il numero delle semplici impulsioni in 1' non che per l'eccesso della pressione del vapore nella caldaia sulla pressione atmosferica;

Moltiplicare il prodotto pel valore del coefficiente K desunto dalla tabella del n.° 169 *e corrispondente allo stato di mantenimento ed alla forza nominale della macchina.*

Esempio. Qual sarà la forza in cavalli di una macchina fissa ad alta pressione senza espansione e condensamento, in ottimo essere e nelle seguenti condizioni?

$$p = \overset{at}{5} = \overset{chil}{5},166,\ v = \overset{mc}{0},1965,\ n = 50.$$

La formola offre

$$0,60 \times 50 \times 2,222 \times 0,1965 \times 4,133 = 54^{cav.}$$

178. Quantita' di lavoro dipendente dalla combustione di un chilogrammo di carbone ordinario. Rinverremo siffatta quantità di lavoro prevalendoci della formola

$$K.\ 45038925 \frac{1+0,00375t}{550+t-t'} \left(1 - \frac{1,033}{p}\right).$$

In essa il coefficiente K serberà il valore additato nella tabella del n.° 169, a seconda dello stato diverso di mantenimento della macchina.

Alla medesima può, n.° 170, sostituirsi l'altra più semplice

$$100000K \left(1 - \frac{1,033}{p}\right)$$

la quale traducesi in questo,

Che fa d'uopo sottrarre dall'unità il rapporto di $1^{chil},033$ *alla pressione del vapore nella caldaia,*

Moltiplicare il residuo per 100000 *non meno che pel valore del coefficiente K desunto dallo specchio* n.° 169:

Il prodotto esprimerà la quantità di lavoro utilizzata da un chilogrammo di carbone ordinario.

NOTA. Giova osservare, che rispetto a queste macchine non si possiede un numero bastevole di valide osservazioni perchè ritener si possa il valore del coefficiente K come determinato con tutta la desiderabile esattezza, e che i risultamenti somministrati dalle regole precedenti si voglion considerare soltanto come valori approssimativi.

179. EFFETTO UTILE DELLE MACCHINE LOCOMOTIVE. Nelle macchine locomotive lo stantuffo direttamente trasmette il moto alle ruote senza l'intermedio di un bilanciere, di un parallelogrammo o di un volante. Le medesime vengono per solito assai ben eseguite e sono egregiamente mantenute; e l'uso del vapore ad alta pressione senza espansione nè condensamento è più vantaggioso in esse di quel che avvenga nei precedenti apparati, semprechè non vadano celerissime e semprechè si trovino soverchiamente cariche.

In tal caso calcoleremo l'effetto utile di esse, dichiarato in chilogrammi elevati ad 1^m per secondo, mediante la formola

$$\frac{n}{60}\,8190v\,(p-1{,}033),$$

la quale traducesi nella regola,

Che convien moltiplicare 8190 volte il volume corrispondente al numero delle semplici impulsioni dei due emboli in 1'', per l'eccesso della pressione del vapore nella caldaia sulla pressione atmosferica riferita al centimetro quadrato:

Il prodotto esprimerà la quantità di lavoro utilizzata dalla macchina pel trasporto del suo carico.

Il de Pampour mediante numerosi sperimenti ha rinvenuto, che la resistenza al trasporto sui cammini di ferro a livello ed in buon essere, e per carri diligentemente unti, è l'una per l'altra eguale a 3^{chil},59 per ogni tonnellata di carico, compresovi il peso dei veicoli.

Nella formola che precede tenendosi implicitamente conto della quantità di lavoro consumata dalle resistenze passive della

macchina e da quella dell'aria sotto velocità che non sorpassano in generale otto a nove metri per secondo, noi saremo in grado d'inferirne il carico che una macchina locomotiva trae seco oprando sotto pressioni comprese fra tre e cinque atmosfere oltre a quella dell'aria circostante, sur un cammino a rotaie livellate, e sotto una data velocità la quale non ecceda dodici a quindici chilometri ad ora, e viceversa.

Allorchè i carichi son deboli, val dire da 50 a 60 tonnellate e al di sotto, l'effetto utile vien diminuendo con rapidità a seconda che la velocità cresce, ed in allora lo si calcolerà con bastevole approssimazione sostituendo nella formola testè riportata al coefficiente 8190, corrispondente ai casi in cui il carico ridotto a livello sia di 170 tonnellate e al di là, i seguenti moltiplicatori:

Velocità in chilometri ad ora,	14,4,	18,0,	21,6,	25,2,	28,8,	36,0,	39,6.
Coefficienti della formola, ...	7600,	7300,	6100,	5200,	4600,	4000,	3600.

Nota. La norma che dato abbiamo non è applicabile se non al caso in cui la chiave regolatrice sia interamente aperta, nella ipotesi che il di lei diametro il quale agguaglia quello del tubo per cui s'introduce il vapore, sia compreso tra $^1/_4$ ed $^1/_3$ del diametro del cilindro.

In simili macchine quando sieno perfettamente conservate, ed abbiano un focolare interno con tubi di circolazione, ed i cilindri e tutte le condutture del vapore si trovino del continuo ad una temperatura elevata, il consumo del combustibile è di 6 a 7 chilogrammi di prima qualità per ogni cavallo ed ora.

180. Sunto delle precedenti regole pratiche. Nel riassumere le dichiarate risultanze, si scorge che la mercè di buoni fornelli i quali dieno a un dipresso 6 a 7 chilogrammi di vapore per ogni chilogrammo di carbon fossile, i prodotti ottenuti nei vari sistemi delle macchine a vapore si posson ridurre a quanto verremo additando nello specchio quì appresso.

SISTEMA DELLE MACCHINE.	Effetto utile per chilogrammo di carbon fossile — In ottimo essere.	In istato ordinario di mantenimento.	Carbone ordinario impiegato per ogni cavallo ed ora.
	km	chm	chil.
A bassa pressione, sistema di Watt a condensamento e senza espansione.	54000	45000	5 a 6
Ad alta pressione con forza elastica e condensamento	108000	90000	2,5 a 3 chil. ma più di frequente 4.
Ad alta pressione con forza elastica e senza condensamento	93000	55000	4 a 5 a un dipresso
Ad alta pressione fisse, senza forza elastica e senza condensamento .	27000	21480	8 a 10

Aggiungeremo a codeste risultanze alcune osservazioni generiche nel rispetto dei vantaggi e degl'inconvenienti dei varî sistemi di macchine a vapore.

Parallelo de' varî sistemi delle macchine a vapore.

181. Vantaggi ed inconvenienti delle macchine a vapore a bassa pressione. Presentano le macchine a bassa pressione i seguenti vantaggi

La loro costruttura è più semplice di quella delle altre macchine, perchè ammette un solo embolo, e la quantità di lavoro consumata dagli attriti è minore che nei simili apparati a due cilindri;

Essendo in esse debole la tensione, in parità di circostanze vi ha meno perdita di vapore, e sotto tal rapporto riescon di più facile mantenimento;

I pericoli o meglio le conseguenze dell'esplosioni vi sono men gravi, perciocchè il vapore ben di rado eccede nelle medesime di una quantità notabile la pressione atmosferica.

Gl'inconvenienti poi sono che in parità di forze presentano

esse maggiori dimensioni e quindi più peso, e consumano inoltre più carbone ordinario delle macchine ad espansione ed a condensamento.

Abbisognano per lo manco di 0^{mc}, 780 di acqua ad ogni forza di cavallo ed ora, per lo condensamento e per la produzione del vapore.

182. Vantaggi ed inconvenienti delle macchine ad espansione ed a condensamento. Le macchine ad espansione ed a condensamento offrono il vantaggio di consumare coacervatamente 1/3 di combustibile di meno delle macchine a bassa pressione.

Gl'inconvenienti consistono in una maggiore complicazione del meccanismo delle valvole, nell' uso abituale di due stantuffi e nell'andar soggette a maggiori cure in mantenere i guernimenti; la qual cosa espone a perdite di vapore tanto più ragguardevoli in quanto la tensione nella caldaia è più elevata e la forza elastica è spinta più lungi.

Riscuotono esse per lo meno 0^{mc},295 di acqua per ogni forza di cavallo onde condensare e formare il vapore.

183. Vantaggi ed inconvenienti delle macchine ad espansione e senza condensamento. Le macchine ad alta pressione con forza elastica e senza condensamento profferiscono i seguenti vantaggi:

Ammettono la sola quantità di acqua bisognevole alla produzione del vapore;

A forza eguale, il peso ed il volume di esse son da meno di quelli dei precedenti apparati.

I loro inconvenienti riduconsi a consumare più carbone ordinario che le macchine ad alta pressione con forza elastica e condensamento, a richiedere maggiore diligenza nell' aggiustamento e nella conservazione dei pezzi, affin di evitare la perdita di vapore, la quale è di tanto più considerabile per quanto la pressione del vapore nella caldaia riesce più elevata.

Richiedono inoltre che s'impieghi il vapore a 4 o 5 atmosfere almeno, attesochè la proporzione della forza perduta per lo

scapparsi fuori del vapore , alla forza totale di questo agente diviene più significante a misura che la tensione nella caldaia si appalesa più tenue. Di lì, maggiori probabilità di pericolo negli effetti struggitori delle esplosioni.

184. Vantaggi ed inconvenienti delle macchine ad alta pressione senza forza elastica e condensamento. Le macchine ad alta pressione senza forza elastica e condensamento, non vantano altra preminenza fuor di quella di essere di un peso e di un volume minori in parità di forza, comparativamente al peso ed al volume degli altri sistemi.

Gl' inconvenienti riduconsi

A consumare più carbone ordinario,

A riscuotere maggiori cure nell'assettare e mantenere i vari pezzi affin di menomare la perdita di vapore, e ad offrir perigli negli effetti delle esplosioni.

185. Conseguenze relative alla scelta di un sistema di macchine a vapore. Dal sunto che abbiam dato ne sembra che s' inferisca

1°. Che negli stabilimenti in dove il combustibile non si acquisti ad un prezzo alto, si posson preferire le macchine a bassa pressione;

2.° Che nelle località in dove il combustibile sia caro e quante volte possonsi le macchine mantenere in buon essere, si debbono impiegare gli apparati ad espansione ed a condensamento;

3.° Che per la navigazione marina con battelli a vapore, possedendosi esperti operai cui si affidi il mantenimento delle macchine, può in tal qual modo riescir utile sotto il rapporto del tonnellaggio dei navigli, di dar la preferenza alle macchine ad alta pressione con forza elastica e senza condensamento;

4. Che rispetto alle macchine locomotive, la condizione del minimo peso e del più piccolo volume possibile inducono ad adottar l'impiego delle macchine ad alta pressione con o senza forza elastica e senza condensamento.

Nel confronto che precede non abbiam posto mente alla maggiore o minore regolarità del moto di codesti organi, perciocchè proporzionando come si conviene il volante si ha il mezzo di ridurlo a quel grado che si stima necessario.

PROPORZIONI DELLE CALDAIE, DEI FORNELLI, DELLE GRATICOLE, E SIMILI.

186. Stimiamo nostro debito di aggiungere al presente capitolo talune indicazioni pratiche onde si son prevaluti i più celebri costruttori inglesi nella proporzione delle varie parti degli apparati di vaporazione; le quali ci facciamo ad attignere nel trattato della macchina a vapore del Farey, che le ha desunte dalle regole seguìte e prescritte dal Watt nommeno che dall'osservazione di quelle adottate da altri distint' ingegneri.

CALDAIE. La superficie di riscaldamento delle caldaie delle macchine a bassa pressione debb'essere di $1^{mq},395$ ad 1^{mq} 674 per ogni forza di cavallo, ovvero

1^{mq} di superficie per vaporare $\begin{cases} 0^{mc},000635 \text{ di acqua in } 1' \\ 0^{mc},038 \text{ in un'ora} \end{cases}$

1^{mq} di superficie per produrre . $1^{mc},021$
di vapore a circa un' atmosfera in 1'

L' area totale della graticola della fornace vuol' essere di

$0^{mq},062$ a $0^{mq},077$ per ogni forza di cavallo,

ovvero di

1^{mq} per consumare in 1 ora 68 ^{chil} di carbon fossile di prima qualità.

Il Clément è di parere di doversi consumare soltanto 40^{chil} per metro quadrato, il che senza dubbio si vuole intendere del carbon fossile di mediocre qualità. Laddove si ado-

perassero legna, conviene assegnare 1^{mq} di superficie della graticola per ogni 80^{chil} di legna da ardere.

La superficie libera tra le barre, volendosi adoprare carbon fossile, debb'essere di $^1/_7$ dell'area totale della graticola. Adoperando legna, si pratichi ella $^1/_4$ dell'area totale.

Lo strato di carbon fossile sparso sulla graticola aver debbe al più $0^m,05$ a $0^m,06$ di spessore.

La intera lunghezza della graticola sia $^1/_3$ circa di quella della caldaia.

Si faccia di $0^m,48$ a $0^m,60$ l'altezza libera che resta tra la graticola sino al centro del fondo concavo delle caldaie, laddovechè nei lembi ella non sorpassi $0^m,28$ a $0^m,36$.

Lo sgabello presso la graticola si costruisca ad una distanza di $0^m,33$ a $0^m,38$ dal centro del fondo della caldaia, o di $0^m,15$, a $0^m,22$ superiormente ad essa graticola.

L'area dell'intervallo tra la fiamma e lo sgabello sia a un dipresso $^1/_3$ di quella della graticola.

L'area dell'intervallo intorno alla caldaia, ammonti ad $^1/_5$ della superficie della graticola.

L'area della sezione del tubo fumario $^1/_6$ di quella della graticola.

L'altezza dei cammini varii da 18 a 36 metri.

In seguela di un'ordinanza di polizia del 25 maggio 1828, lo spessore assegnabile alle caldaie di ferro battuto che sono in oggi più generalmente in uso vien determinato dalla seguente formola pratica

$$e = 0{,}018d\,(n-1) + 3 \text{ millim.} \;,$$

in dove

e rappresenta lo spessore del metallo in millimetri,

d il diametro interno espresso in centimetri,

n il numero di atmosfere che addita la più forte pressione di vapore cui la macchina regger debbe.

Le risultanze di simile formola trovansi inserite nella quì appresso

TABELLA DEGLI SPESSORI ASSEGNARILI ALLE CALDAIE DI FERRO BATTUTO PER LE MACCHINE A VAPORE.

DIAMETRO delle caldaie	PRESSIONE DEL VAPORE IN ATMOSFERE.						
	2	3	4	5	6	7	8
centim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
50	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50	8,40	9,30
55	3,99	4,98	5.97	6,96	7.95	8,94	9,93
60	4,08	5,16	6,24	7.32	8.40	9,48	10,56
65	4,17	5,34	6 51	7,68	8,85	10,02	11,19
70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82
75	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	13,45
80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08
85	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71
90	4.62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34
95	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14.97
100	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60

187. **Influenza della forma delle caldaje.** Rispetto alla forma delle caldaje ed al loro allogamento, non sembra che da queste due condizioni derivi quella sì grande influenza che generalmente si è inchinevole a supporre.

Le caldaje di Watt dette *a carro*, quelle di Woolf *a bollitoi* cilindrici di ferro battuto, le altre di Stephenson a focolare interno e contenente un centinaio di tubi inservienti alla circolazione della fiamma, producono tutte quante 6^chil^ a un dipresso di vapore per ogni chilogrammo di carbon fossile.

Sempre chè il carbone comune sia di buona qualità ed il fuoco ben diretto, possonsi ottenere sino a 7^chil^ per ogni chilogrammo dello stesso carbone.

Le caldaje a *bollitoi* offrono sotto minor volume e dispendio una più ampla superficie di riscaldamento in comparazione di quelle del Watt.

Le caldaie a focolare interno con tubi di circolazione presentano nello stesso rispetto la preminenza su tutte le altre.

Regola pratica del Watt per la costruzione delle macchine a vapore.

188. Le regole relative alle macchine a vapore a bassa pressione che andremo ad esporre, offrono le proporzioni adottate dal Watt e da' suoi successori; noi pensiamo che il riferirle possa tornare utile a' nostri leggitori. Se non che, faremo innanzi tratto osservare che per una savia previdenza sono esse fondate sulla ipotesi di esser trascuratamente mantenute, e che in generale gli apparati costrutti con simili proporzioni son capaci di una forza maggiore di quella per cui vengono smerciate.

Cilindro a vapore. Si determina il diametro del cilindro,

Dividendo la forza in cavalli della macchina per la velocità in metri dell'embolo in 1', e moltiplicando il quoto per 0,1986:

La radice quadrata del prodotto dinoterà il diametro espresso in metri.

Embolo. L'intervallo percorso dall' embolo vagar debbe fra due e tre volte il diametro del cilindro, e la velocità in percorrerlo vuol'essere di

0,90 ad 1 in 1'' per le macchine di	4 a 20	cavalli.
1,00 ad 1, 20	20 a 30	id.
1,20 ad 1, 25	30 a 60	id.
1,25 ad 1, 30	60 a 100	id.

Lo specchio che segue comprende i risultamenti comparati delle regole testè riferite e delle dimensioni prescritte dal Watt.

FORZA in cavalli	CORSO dell'embolo	VELOCITA' dell'embolo in 1''	DIAMETRO DEL CILINDRO Secondo la formola	Adottato dal Watt	NUMERO dei corsi doppi o delle rivoluzioni del volante in un minuto
	m	m	m	m	m
4	0,914	0,884	0,300	0,305	29,0
6	1,068	0,960	0,352	0,355	27,0
8	1,200	0,975	0,404	0,407	24,0
10	1,220	1,015	0,441	0,444	25,0
12	1,220	1,015	0,484	0,483	25,0
14	1,220	1,015	0,528	0,522	25,0
16	1,416	1,086	0,541	0,552	23,0
18	1,416	1,086	0,574	0,585	23,0
20	1,520	1,090	0,604	0,602	21,5
22	1,520	1,090	0,633	0,635	21,5
24	1,520	1,090	0,661	0,661	21,5
26	1,678	1,118	0,680	0,680	20,0
28	1,678	1,118	0,706	0,705	20,0
30	1,800	1,140	0,712	0,718	19,0
36	1,800	1,140	0,772	0,784	19,0
40	2,135	1,244	0,802	0,800	17,5
45	2,135	1,244	0,850	0,847	17,5
50	2,135	1,244	0,896	0,893	17,5
60	2,135	1,244	0,982	0,978	17,5
70	2,440	1,300	1,033	1,036	16,0
80	2,440	1,300	1,105	1,105	16,0
90	2,440	1,300	1,172	1,172	16,0
100	2,440	1,300	1,235	1,232	16,0

Consumo del vapore. Il consumo del vapore sotto la pressione atmosferica è di 0^{mc},935 per ogni forza di cavallo in un minuto.

Nota. La formola del n.° 169 darebbe 0^{mc},738; ma l'eccedente somministrato dai precetti del Watt serve a compensare le perdite ed i condensamenti nei tubi, laddove la macchina non fosse egregiamente mantenuta.

Volume d'acqua vaporabile. Ciò stando, il volume d'acqua riducibile in vapore è
di 0^{mc},00055 in 1', per ogni forza di cavallo,
ovvero di 0^{mc},0330 in un'ora idem.

Tubo del vapore. Il diametro del tubo che conduce il va-

pore dalla caldaia nelle capacità di partizione agguagliar debbe il quinto di quello del cilindro ; il perchè la sua sezione trasversale pareggia $^1/_{25}$ di quella dell'embolo.

Valvola di arrivo. Agguagli l'area di questa valvola 0^{mq}, 000507. . . . . per ogni forza di cavallo ovvero il suo diametro pareggi 0^{m} ,0254. . . idem

Valvola di uscita. L'area della valvola per cui il vapore scappa via nel condensatore facciasi di 0^{mq},000768 per ogni forza di cavallo , ed il suo diametro pareggi 0^{m} ,0312 similmente per ogni forza di cavallo.

Debbonsi codeste valvole interamente aprirsi , ed i tubi che vi vanno a metter capo vogliono farsi di un diametro alquanto maggiore.

Tromba pneumatica o ad aria. Il diametro di siffatta tromba sia $^2/_3$ di quello del cilindro. L' intervallo percorso dal suo stantuffo corrisponda alla metà del corso dell'embolo appartenente al cilindro a vapore; ed avvegnachè il primo respinge l' aria al di fuori in salendo, il volume utile da detto stantuffo ingenerato è un $^1/_9$ di quello relativo al moto dell'embolo a vapore.

L'area del vacuo della valvola dormiente sia $^1/_4$ di quella della tromba ad aria, od $^1/_9$ di quella dell'embolo del cilindro a vapore.

Le valvole dello stantuffo presentino ciascuna la stessa apertura della precedente.

Tromba ad acqua fredda. Il volume ingenerato dall'embolo di siffatta tromba agguagli $^1/_{24}$ ad $^1/_{18}$ di quello del cilindro a vapore.

Nota. Se l'acqua che vuolsi innalzare trovasi a piccola profondità , si carichi con fiducia alquanto la macchina , la quale se per avventura è esposta a lavorare con una potenza un pò superiore alla nominale, sarà di bene che si aumenti codesta propor zione.

Chiave d'injezioee. L'ordinaria apertura di simili chiave

facciasi di 0^{mq},0000322 per ogni forza di cavallo, riserbandosi peraltro la facoltà di aprirla insino a 0^{mq},000043 per ogni forza di cavallo.

Serbatoio alimentario. Il livello del serbatoio alimentario debb' essere di 2^{m},44 al di sopra della superficie dell' acqua nella caldaia.

Valvola di sicurezza. L'area di codesta valvola sia eguale a 0^{mq},0004056 per forza di cavallo, od il suo diametro pareggi 0^{m},0227 della stessa potenza, e la carica poi che le sovrasta sia 0^{chil},91 di tale unità di misura.

Bilanciere. La distanza orizzontale tra la verticale del tirante dell'embolo e quella che passa per l'asse del manubrio pareggi tre volte il corso dell'embolo.

La distanza tra i centri delle articolazioni all'estremità del bilanciere facciasi eguale a 3,0825 volte la lunghezza del corpo dell'embolo.

Parallelogrammo. L'articolazione G (fig. 35) corrisponda nel mezzo della semilunghezza AB del bilanciere. Gli anelli BF e GD sieno lunghi quanto la metà od i $^{3}/_{7}$ del corso dell' embolo. Stabiliva il Watt il centro di rotazione della briglia CD sulla verticale del tirante dello stantuffo, in un punto corrispondente all'altezza della metà della corda dell'arco descritto dal punto D; ma può esso prendersi alla stessa altezza fuori della verticale del tirante.

I quattro anelli del parallelogrammo abbiano una complessiva sezione trasversale uguale ad $^{1}/_{144}$ dell'area dell'embolo.

Le spranghe onde si compongono presentino in larghezza $^{1}/_{13}$ del diametro dell'embolo ed in ispessore, $^{1}/_{48}$.

Abbiano i perni che fermano gli anelli del parallelogrammo e che resistono trasversalmente, una sezione uguale ad $^{1}/_{362}$ dell' area dell'embolo, od un diametro che pareggi 0,0526 di quest' ultimo.

Tirante dell'embolo. È desso di ferro battuto e fassi del diametro ch'è la decima parte di quello dell'embolo; il che ri-

sponde ad una carica massima di 98^{chil} per ogni centimetro quadrato della sua sezione.

Nelle grandi macchine può farsi alquanto più debole.

Biella. La lunghezza della biella ch'è di ferro fuso agguagli tre volte il corso dell'embolo o sei volte il manubrio. L'area della sua sezione trasversale sia $^1/_{28}$ di quello del ciliudro, il che risponde ad una carica massima di 35^{chil} per centimetro quadrato di sezione. Presenta essa (fig. 36) degli spigoli, ed il suo profilo nel mezzo dà la sezione disegnata nella figura. I lati del quadrato circoscritto a tale profilo sono eguali ad $^1/_{20}$ della lunghezza di essa biella.

Le sue estremità offrono una sezione la cui area pareggiar debbe $^1/_{35}$ di quella dell'embolo, il che equivale ad un carico massimo di circa 44^{chil} per centimetro quadrato.

Volante. Facciasi il diametro del volante uguale a tre o quattro volte il corpo dell'embolo ove trovisi adattato all' asse del manubrio. Se ne determini il peso secondo i dettami della regola del n.° 190.

Volanti.

189. Scopo dei volanti. I volanti han per iscopo di render regolare il moto delle macchine, e di restringere fra'debiti limiti le variazioni periodiche della costoro velocità.

Quindi in tre casi solamente si vogliono impiegare, cioè

1.° Quando la potenza ha una velocità periodicamente variabile come nelle macchine a vapore, nei manubri mossi dagli uomini, e via discorrendo;

2.° Quando la resistenza sperimentata da un ordigno si appalesa periodicamente variabile o quando non opera che in alcuni istanti del movimento, come avviene co' martelli, co'laminatoi, con le seghe, e simili;

3.° Quando la potenza e la resistenza sono ad un tempo variabili o intermittenti.

Si curi di allogare il volante il più che sia possibile vicino al pezzo della macchina il cui moto è variabile.

Il grado di regolarità che dee prodursi da un volante dipende dall'obbietto cui si destina, dalla natura degli ordigni che s'impiegano, dai prodotti che voglionsi ottenere, e così innanzi.

Onde rendere semplice la soluzione del quesito relativo allo stabilimento dei volanti, si trascura di consueto l'influenza regolatrice delle loro braccia, e si determina soltanto il peso che convien dare all'anello.

Contrassegnando con
a la larghezza dell'anello parallelemente all'asse di rotazione,
b la sua spessezza nel senso del raggio,
R il suo raggio medio misurato nel mezzo dell'anello.

Il peso di esso anello di ferro fuso ha per espressione

$$P = 45239\, a\, b\, R.$$

Considerazioni locali e peculiari alla macchina valgono per solito a determinare il raggio del volante, e noi le supporremo note nelle formole seguenti. Pertanto facciamo osservare che il volante dee farsi il più grande che sia possibile senza peraltro eccedere alcuni limiti dipendenti dalla velocità massima che può assumere la sua circonferenza, e senza che la forza centifruga acquisti una soverchia intensità. Essa velocità non deve oltrepassare i 25 a 30^m per secondo.

190. Macchine a vapore. Determineremo il volante delle macchine a vapore a bassa e ad alta pressione con forza elastica e condensamento mediante la formola

$$PV^2 = \frac{4645n}{m} N,$$

in dove dinoteremo con
P il peso dell'anello del volante,

V la velocità della sua media circonferenza,

m il numero dei giri dell'albero del volante in 1',

N la forza della macchina in cavalli di 75^{chm},

n un numero che varia a seconda del grado di regolarità che vuolsi ottenere,

e faremo

$n = 20$ a 25 per le macchine a vapore destinate a stabilimenti industriali che non abbisognino di una grande regolarità, come i mulini da farina, da sega, le trombe, e via via.

$n = 35$ a 40 per le filande in dove si fabbricano i cotoni dei n^i. 40 a 60,

$n = 50$ a 60 per le filande in cui si costruiscono i numeri molto sottili.

La detta formola traducesi in questo,

Che convien dividere la forza in cavalli della macchina pel quadrato della velocità della circonferenza media dell'anello, dividere il numero 4645 per la quantità dei giri dell'albero del volante in 1', moltiplicare i due quoti che si ottengono l'un per l'altro, ed il prodotto moltiplicarsi nuovamente pel valore del numero n scelto secondo la natura dei risultamenti da ottenere:

L'ultimo prodotto esprimerà il peso dell'anello del volante.

Esempio. Qual sarà il peso del volante di una macchina a vapore a bassa pressione della forza di 40 cavalli, siccome si osserva nella filanda del Logelbach presso Colmar, il cui volante esegue 18 a 20 giri in 1'?

Appartenendo i cotoni filati ai n^i. da 40 a 60, ed il diametro medio pareggiando $6^m,10$, la velocità alla circonferenza di 19 giri in 1', sarà

$$\frac{3,14 \times 6,10 \times 19}{60} = 6^m,06,$$

e la formola ci darà per 19 giri, facendo $N = 35$,

$$P = \frac{4645 \times 35 \times 40}{19 \times (6,06)^2} = 9320^{\text{chil.}}$$

I costruttori Watt e Boulton han fatto

$$P = 9450^{\text{chil}}.$$

191. Volante per un martello frontale. I martelli frontali battono di consueto 70 a 80 colpi per minuto primo, ed il loro peso non escluso il manico varia a seconda della qualità del ferro fuso onde si costruiscono ed a seconda della differente natura della fabbricazione, da 3000 a 4900 chilogrammi.

Noi calcoleremo il peso dell'anello del volante adattabile all'albero mediante le formole

Martelli di { 3000 a 3500 chil. . . . . . . $P = \frac{20000}{R^2}$
4000 a 4900 . . . . $P = \frac{30000}{R^2}$

le quali importano,

Che per determinare il peso dell'anello del volante adattabile sull'albero di un martello frontale convien dividere il numero

20000 *pei martelli di* 3000 *a* 3500 chil,
30000 *idem* 4000 *a* 4900 chil,

pel quadrato del raggio medio di esso anello:
il quoziente additerà in chilogrammi il peso addimandato.

Esempio. Qual sarà il peso dell'anello del volante dell'albero inserviente ad un martello che col suo manico pesa 3165 chilogrammi, ed il suo raggio medio è di $2^m,15$?

La formola porge

$$P = \frac{20000}{(2,15)^2} = 4329^{\text{chil}}.$$

Il volante d'un maglio frontale stabilito a Framont, il quale cammina con una sufficiente regolarità ed il cùi raggio medio è di $2^m,15$, pesa soltanto 4230 chilogrammi.

192. Volante per un maglio alla tedesca mosso per via d'ingranaggio. I magli alla tedesca pesano da 600 ad 800 chilogrammi inclusovi il manico i guernimenti di ferro e gli altri accessorî; e battono per solito nelle maggiori velocità 100 a 110 colpi in 1'.

Determineremo il peso dell'anello del volante adattabilè all'albero mediante la formola

$$P=\frac{15000}{R^2},$$

la quale importa,

Che per determinare il peso dell' anello del volante adattabile all'albero di un maglio alla tedesca,

Convien dividere 15000 *pel quadrato del raggio medio dell'anello ,*

E nel quoziente avrassi in chilogrammi il peso richiesto.

Esempio. Qual sarà il peso dell' anello del volante da adattare all' albero di un maglio alla tedesca , il cui raggio medio sia di $1^m, 65$?

La formola offre

$$P=\frac{15000}{(1^m,65)^2}=5514^{chi}.$$

L'anello del volante ad ingranaggio stabilito a Moulin-Neuf presso Moyeuvre , il cui raggio medio è di $1^m, 65$, pesa circa 5150 chilogrammi.

193. Volante per un maglio ad ingranaggio. Impiegansi nelle ferriere dei magli di varia grossezza a seconda dell' uso cui si destinano. Abitualmente percuotono 150 a 200 colpi per minuto.

Perverremo a conoscere il peso dell' anello del volante da adattare sur un albero la mercè della formola

Magli di $\left\{ \begin{array}{l} 500^{chil} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots P = \frac{9000}{R^2} \\ 360 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots P = \frac{6000}{R^2} \end{array} \right.$

Nota. Nei quì additati pesi si comprendono il manico e tutti i guernimenti di ferro.

Esse formole importano,

Che per determinare il peso dell'anello del volante di un maglio ad ingranaggio,

Fa d' uopo pel quadrato del raggio medio di esso anello dividere il numero

$$9000 \text{ pei magli di } 500^{chil},$$
$$6000 \quad \text{idem} \quad 360^{chil};$$

nel quoziente si otterrà il chiesto peso dell'anello in chilogrammi.

Esempio. Qual sarà il peso dell'anello appartenente al volante di un maglio ad ingranaggio di 360 chilogrammi, ammesso che il raggio medio di esso anello sia di $1^m,50$?

La formola dà

$$P = \frac{6000}{(1,50)^2} = 2666^{chil.}$$

194. Volante per un molino da sega. Nei molini da sega ad una lama destinati al taglio di grossi legnami ne' quali si avverano 80 a 90 colpi in 1', basterà che il peso del volante allogato sull'asse del manico sia determinato con la formola

$$P = \frac{30000}{V^2},$$

denominando V la velocità media della circonferenza mezzana di esso anello.

Possiam ripartire un tal peso in due volanti ciascuno allogato da ciascuna banda del telaio.

Fa mestieri aggiugnere inoltre all'anello del volante nel prolungamento del raggio che corrisponde al manico, una mas-

sa di ferro fuso o di piombo destinata a formar contrappeso al telaio durante la discesa. Trattandosi di un molino da sega ad una sola lama il cui telaio non pesa più di 400 chilogrammi, potrà determinarsi lo sbilancio con sufficiente approssimazione mediante la formola

$$P = \frac{65^{chil.}}{r},$$

in dove

p rappresenta il peso assegnabile al contrappeso o sbilancio;
r la distanza a cui si ritrova il suo centro di gravità dall'asse del volante.

Esempio. Diffinire il peso del volante di un molino da sega ad una sola lama, essendone il raggio medio di $0^m,76$ e la velocità di 88 giri in 1'.

Otterremo

$$V = \frac{88}{60}\ 6{,}28 \times 0^m{,}76 = 7^m{,}02.$$

La formola porge

$$P = \frac{30000}{49{,}28} = 606^{chil}.$$

I due volanti di un molino da sega stabilito a Metz sin da 10 a 12 anni addietro il quale si muove con tutta la desiderabile regolarità, pesano soli chilogrammi 512. Nulladimeno essi volanti costruisconsi di consueto più robusti, e noi portiamo avviso che la regola testè tolta non meni punto ad un peso esagerato.

Lo sbilancio da collocare nella circonferenza media dell'anello del volante sul prolungamento del raggio che corrisponde al manico, sarà in consonanza della formola precedente uguale a

$$P = \frac{65}{0{,}76} = 85^{chil.}$$

195. Osservazioni relative ai mulini da sega a piu' la-

ME. Semprechè i telai debbono ricevere più lame, possiam formare il volante e lo sbilancio tanto più leggieri per quanto cresce il numero di quelle. Ma siccome interviene talora che il molino da sega contenga di necessità una sola lama, converrà in ogni caso determinare le condizioni del volante col mezzo della regola precedente.

196. LAMINATOIO PER LE GRANDI TAVOLE DI LATTA E PER LE SPRANGHE DI FERRO BATTUTO. Rispetto a codesto apparato, determineremo il peso dell'anello del volante mediante la formola

$$P = \frac{130000NK}{mV^2},$$

in dove rappresenteremo con

P il peso richiesto,

N la forza in cavalli trasmessa dal motore all'albero del volante,

V la velocità media della circonferenza mezzana del volante,

m il numero di giri dei cilindri in 1′,

K un coefficiente numerico;

e faremo

K = 20 rispetto alle macchine di 80 a 100 cavalli che dànno ad un tempo moto a 6 od 8 attrezzi da cilindri per le tavole di latta o per le spranghe di ferro;

K = 25 alle macchine di 60 cavalli che fanno muovere 4 o 5 corredi da cilindri per lo spianamento dei ferri;

K = 80 relativamente alle macchine di 30 a 40 cavalli le quali fan camminare un solo attrezzo da cilindro per le grosse tavole di latta o due corredi da cilindri sgrossatori e perfezionatori dei piccoli pezzi di ferro.

ESEMPIO PRIMO. Determinare il volante il cui motore abbia la forza di 60 cavalli e faccia camminare 5 corredi da cilindri sgrossatori e perfezionatori per lo stiramento delle spranghe di ferro, nelle seguenti condizioni.

Diametro del volante. . . . . $5^m,84$,

Numero di giri del volante e dei laminatoi in 1'. m=60
Velocità della circonferenza media dell'anello . . V=18m,4

La formola, facendo K=25, offre

$$P=\frac{130000\times60\times25}{60\times(18,4)^2}=9557^{\text{chil.}}$$

L'anello del volante dell'officina di Fourchambault pesa soltanto 8000 chilogrammi, mentre le sue dimensioni e velocità son le identiche di quelle dell'esempio precedente, e la macchina fa muovere

4 arnesi da cilindri sgrossatori . . . } pei ferri di grossezza,
4 *id.* da cilindri perfezionatori . }

3 arnesi da cilindri sgrossatori . . } pei ferri di piccola
3 *id.* da cilindri perfezionatori } grossezza.

Sei di codesti attrezzi posson trovarsi ad un tempo in azione.

Esempio secondo. Diffinire il peso dell'anello del volante di una magona mossa da una ruota idraulica della forza di 36 cavalli, con la quale si mette in azione un arnese da cilindro per ferri di grossezza ed un altro per ferri di piccolo spessore, nel caso delle seguenti condizioni.

Diametro del volante. 9m
Numero di giri del volante e dei cilindri in 1'. 60
Velocità alla circonferenza media dell'anello . V =28m,26

Facendo K, = 80, si ha dalla formola

$$P=\frac{130000\times36\times80}{60\times(28,26)^2}=8120^{\text{chil.}}$$

In una ferriera che si ritrova nelle identiche riferite condizioni è un volante del peso di 9000 chilogrammi; se non che vi è luogo a credere ch'e' non presenti maggior robustezza di quel che si richiede.

Nota. Di leggieri ci persuaderemo che il volante debbe menomare di peso a seconda che il motore è più potente, attesochè nel numero degli arnesi dei cilindri che questo pone in moto non ve ne ha che uno o due solamente i quali muovonsi nello stesso istante.

La formola che precede può del pari impiegarsi nei casi in cui dal motore si fa animare alternativamente e un attrezzo da cilindri ed un martello frontale.

197. Osservazione intorno all' uso della formola testè riferita. Gli addotti valori del coefficiente K ben si addicono ai laminatoi mossi da macchine a vapore da ruote a cassette o da quelle di fianco; ma quando la ruota motrice sia a pali curve o piane con l' impulsione dell' acqua per di sotto, poichè in tal caso si muovon d' ordinario con maggiore velocità e contengono meno acqua delle altre, possiamo assegnare al coefficiente K un valore alquanto più debole.

DELLE PRIMORDIALI

COMUNICAZIONI DEL MOTO.

DELLE CORREGGE.

198. Onde trasmettere il mòto da un asse di rotazione ad un altro alquanto discosto, s'impiegano soventi delle corregge di cuoio lustrate le quali passino sopra pulegge o tamburi. La teoria e l'esperienza dimostrano, *

1.° Che quando codeste correggе vengon debitamente distese, esse non iscivolano punto e trasmettono la velocità in rapporto costante ed inverso di quello dei diametri dei tamburi;

2.° Che nella trasmissione del moto da un asse all'altro col mezzo di funi o di correggе perpetue, la somma delle tensioni delle due parti rimane costante, in guisa che quando la parta conduttrice si stira, l'altra parte condotta si distende della stessa quantità, e la somma delle tensioni delle due porzioni è identica a quella che si osserva quando la macchina è in riposo.

* Sperimenti sull' attrito degli assi di rotazione e delle correggе che trasmettono il moto, non che sulle varie tensioni di quest' ultime, ec. istituiti a Metz nel 1834, per A. Morin, Capitano di Artiglieria.

3.° Che lo sforzo T necessario per fare che una correggia della tensione t sdruccioli su di un tamburo, od una fune per di sopra ad una girella, vien determinato la mercè della formola

$$\text{Log. } T = \text{log. } t + 0{,}434\, f \frac{S}{R},$$

espressione in cui i logaritmi sono quelli delle tavole, e in dove rappresenteremo con

f il rapporto dell'attrito alla pressione rispetto alle corregge ed ai tamburi, ed il cui valore, a seconda dei citati sperimenti, debb'essere preso eguale a

0,47 per corregge nello stato ordinario di untuosità sopra tamburi di legno,

0,50 per corregge nuove su tamburi egualmente di legno,

0,28 per corregge nello stato ordinario di untuosità sopra girelle di metallo fuso,

0,38 per corregge umide sopra girelle parimente di metallo fuso,

0,50 per funi di canape su girelle o tamburi di legno,

S l'arco occupato della circonferenza del tamburo o della girella,

R il raggio di esso tamburo o di detta girella.

La formola precedente manoduce alla regola

Che per calcolare la tensione che aver debbe la parte conduttrice di una fune o di una correggia ravvolta su di un tamburo per far che sdruccioli lungo la sua superficie la parte condotta, soggettata ad una data tensione,

Convien moltiplicare il rapporto tra l'arco occupato ed il raggio del tamburo per 0,434 *volte il rapporto tra l'attrito e la pressione, aggiungere il prodotto al logaritmo della data tensione della parte condotta:*

La somma esprimerà il logaritmo della chiesta tensione.

Nota. L'addotta regola disvela essere inutile l'aumento fuor

misura del diametro dei tamburi col fine d'impedire lo sdrucciolamento delle corregge.

Esempio. Qual sarà la tensione della parte conduttrice di una correggia di cuoio la quale abbracci la semicirconferenza di un tamburo di legno il cui raggio sia di $0^m,35$, onde sdruccioli la parte condotta soggettata ad una tensione di 50 chilogrammi?

La formola offre

$$\text{Log. } T = \log. 50 + 0,434 \times 0,47 \times 3,14 = 2,33947,$$

e quindi

$$T = 218^{chil}, 5.$$

4.° Che la resistenza delle corregge allo scivolamento è indipendente dalla loro larghezza, e non vi ha vantaggio di sorta ad accrescere siffatta dimensione oltre il necessario ad oggetto che le corregge resistano agli sforzi che dee trasmettere (veggasi il n.° 233).

199. Regole per istabilire una trasmissione di moto col mezzo di funi o di corregge. Per istabilire una trasmissione di moto col mezzo di funi o di corregge perpetue, fa d'uopo innanzi tratto determinar la quantità di lavoro che si vuol trasmettere alla carrucola od al tamburo, dividendo esso lavoro per la velocità che assumer debbe la circonferenza del mentovato tamburo. Avrassi così lo sforzo Q che debbe trasmettersi dalle corregge, od un valore approssimativo della differenza fra le tensioni T e t. Per la qual cosa sarà

$$T - t = Q.$$

Calcoleremo dappoi il minimo valore assegnabile alla tensione t della parte condotta mediante la formola

$$t = \frac{Q}{2,718^{\frac{fs}{R}} - 1},$$

la quale importa,

Che convien moltiplicare il rapporto fra l'attrito e la pressione dicevole alle corregge o corde ed i tamburi, pel rapporto tra l'arco occupato ed il raggio del tamburo; elevare il numero 2,718 *alla potenza indicata dal prodotto; dedurre dal risultato l'unità, e dividere pel resto la data differenza delle tensioni T e t o lo sforzo Q il quale esercitar debbesi alla circonferenza del tamburo:*
Nel risultato si otterrà la minima tensione richiesta.

Nel calcolo che abbiamo additato prenderemo per Q il maggior valore cui possa pervenire tenendo nel debito conto gli attriti dipendenti dalle altre forze diverse delle tensioni T e *t*; e per assicurarsi che nelle accidentali variazioni della resistenza o della tensione, la correggia non iscivoli oltre quanto è necessario per compensare approssimativamente l'influenza delle tensioni sull'attrito dell'asse, aumenteremo di $^{1}/_{10}$ almeno il valore di *t* dato in virtù della regola precedente.

Conoscendo *t* otterremo la maggiore delle due tensioni, facendo

$$T = Q + t,$$

e per conseguente conosceremo del pari la somma delle due tensioni T e *t*, la cui metà, in istato di riposo, dinoterà la tensione di ciascuno delle due parti della correggia.

Esempio. Diffinire la tensione della parte condotta di una correggia di cuoio ravvolta su la semicirconferenza di una carrucola di metallo fuso del diametro $0^{m},30$, ammesso che la resistenza da superare alla circonferenza di essa carrucola sia di 35 chilogrammi.

La formola porge

$$t = \frac{35^{\text{chil.}}}{2{,}718^{0{,}28 \times 3{,}14} - 1} = 24^{\text{chil}},84$$

Questa tensione vuolsi portare sino a $27^{\text{chil}},32$, e quella della parte conduttrice sarà $T = 62^{\text{ch}}32$. La tensione naturale o

in istato di riposo di ciascuna delle due parti della correggia sarà di $44^{chil},82$.

200. Dei curri di tensione. Perchè la tensione naturale delle corregge resti costante e raggiunga, senza oltrepassare, il valore che testè calcolato abbiamo, fa mestieri adoperare dei curri di tensione.

Verremo in cognizione del peso q di simili curri col mezzo della relazione approssimativa

$$q = \frac{2\text{T}\cos.a}{\cos.b},$$

nella quale

a è la metà dell'angolo ottuso (fig. 37) costituito dalle due parti della correggia su cui gravita, angolo che potrà stabilirsi a priori,

b l'angolo che fa la linea AB con l'orizzontale.

Da tale formola si ricava

Che per calcolare nel caso della fig. 37 il peso di un curro capace di dar luogo colla sua pressione sulle due parti di una correggia, una data tensione naturale,

Convien moltiplicare essa data naturale tensione per due volte il coseno dell'angolo ottuso costituito dalle due parti della correggia, e dividere il prodotto pel coseno dell' angolo formato dalla tangente comune ai due tamburi con l'orizzontale.

Vuolsi in principio dare alla correggia tale lunghezza, che nello stato di riposo ella assuma la regolare curvatura, e la tension T avrà in tal caso il valore a un dipresso che le venne assegnato.

Gioverà d'altronde riserbarsi co' noti espedienti la facoltà di accrescere o di menomare a piacimento l'azione del peso del curro.

Nota. Se per effetto di talune disposizioni dei tamburi il curro gravar non dovesse in senso verticale, saremmo in grado di dirigere con un'opportuna combinazione di vetti la sua

azione in quel verso che più talenta, a norma del bisogno; ed in allora calcoleremo lo sforzo che dee per esso esercitarsi sulla correggia perpendicolarmente alla linea AB col soccorso dei precetti or ora esposti, e supponendo nullo l'angolo b e quindi il suo coseno eguale all'unità.

Esempio. Essendo nel caso contemplato nel numero precedente l'angolo a di 85,° e l'inclinazione della linea AB di 10,° qual sarà egli il peso del curro?

La formola porge

$$Q = 89,64 \times \frac{0,0872}{0,9848} = 7^{\text{chil.}},93.$$

Faremo fine a quanto concerne alle corregge, aggiungendo che senza verun rischio e con la certezza che compieranno al loro uffizio si posson esse liberamente soggettare a tensioni di $0^{\text{chil}},25$ per ogni millimetro quadrato di grossezza, il che permetterà di calcolarne la superficie, noto che sia lo spessore del cuoio che vuolsi adoperare.

Da ultimo, giova che le carrucole su cui strisciano le corregge di cuoio abbiano una convessità uguale a circa $^1/_{10}$ della loro larghezza.

Degl'incastri od ingranaggi.

201. Regola per determinare i raggi delle ruote. Essendo gl'ingranaggi destinati a trasmettere il moto di rotazione da un asse all'altro nel rapporto costante che si stabilisce a priori, determineremo innanzi tratto due cerchi i cui raggi sarebbon tra loro nel rapporto inverso dei numeri di giri che ciascuna ruota compier debbe.

E denominando

R il raggio di un dei due cerchi,

R′ il raggio dell'altro cerchio,

n il numero di giri che il cerchio del raggio R′ dee compiere

ad ogni rivoluzione del cerchio del raggio R, avremo

$$R = nR'.$$

Da tal formola si deduce,

Che il raggio del rocchetto sta al raggio della ruota come l'unità sta al numero di giri che il primo dee compiere ad ogni rivoluzione della seconda.

Se l'un dei due raggi sia dato, potremo determinare l'altro. Se la distanza dei centri delle due ruote sia del pari nota, denominandola con *d*, avremo

$$d = R + R',$$

e ne calcoleremo i raggi con le formole

$$R = \frac{nd}{n+1}, \qquad R' = \frac{d}{n+1},$$

le quali menano alla regola,

Che il raggio del rocchetto sta alla distanza dei centri, nel rapporto che havvi tra l' unità e sè stessa accresciuta del numero di giri ch' esso compie ad ogni rivoluzione della ruota.

La regola precedente darà indi il raggio della ruota.

202. Definizione. I cerchi per tal modo determinati si addimandano *cerchi primitivi o proporzionali*, e servon di base al disegnamento dei pezzi onde si tratta.

Lo spessore dei denti misurasi sulla circonferenza di essi cerchi.

L'intervallo fra un dente e l'altro si denomina il *cavo*:

La larghezza dei denti è la loro dimensione nel senso dell'asse rotatorio.

La porzione di denti che trovasi nel di fuori dei cerchi primitivi si denomina *faccia*, e quella ch'è al di dentro, addimandasi *fianco*.

La somma dello spessore e del vacuo, o la distanza di due

denti consecutivi misurata da mezzo a mezzo, costituisce ciò che dicesi *passo dell' ingranaggio*.

203. Modo di calcolar lo sforzo cui dee reggere un dente. Dividendo la quantità di lavoro che trasmetter debbe una ruota per la velocità della circonferenza del suo cerchio primitivo, otterremo lo sforzo cui hanno a reggere i denti. Questo calcolo avrà luogo nei casi in cui la quantità di lavoro trasmesso alla ruota sia un massimo, o quando le macchine non si muoveranno sotto la maggior carica di acqua.

Conoscendosi lo sforzo P da sopportarsi da un dente d'ingranaggio, ci faremo a determinar lo spessore b assegnabile ai denti, misurato sulla circonferenza primitiva, col mezzo delle formole del n.° 261.

La loro larghezza parallela all'asse verrà del pari determinata a seconda delle regole del numero stesso.

Il cavo vuol farsi eguale allo spessore accresciuto di $^1/_{10}$ ad $^1/_{15}$, secondo il grado di perfezione dell' eseguimento.

Il passo dell'ingranaggio distinto con a, ove i denti sieno della stessa materia, verrà espresso da

$$a = 2{,}1b \text{ ovvero } a = 2{,}067,$$

ed a seconda della esecuzione perfetta, o se fossero di materie differenti, da

$$a = b + 1{,}1b' \text{ ovvero } a = b + 1{,}067b',$$

b dinotando in allora la grossezza del dente della ruota, e b' quella del dente del rocchetto.

Nota. Nelle officine da costruzioni, per ragion di economia e facilità di lavoro, si usa talvolta calcolar solamente le dimensioni dei denti di legno, e fare i denti di metallo fuso della stessa grossezza.

204. Regole per determinare il numero di denti delle ruote.

Se contrassegneremo con

m il numero di denti della ruota, che abbia il raggio R del cerchio primitivo,
m' il numero di denti della ruota con R' pel raggio del cerchio primitivo,
verremo in cognizione del rispettivo numero di denti la mercè delle formole

$$m = \frac{2\pi R}{a} = \frac{6,28R}{a}, \qquad \text{ed} \qquad m' = \frac{m}{n}.$$

Accadendo per altro quasi sempre che codeste cifre comprendano un numero intero ed una frazione, e convenendo poi in grazia di simmetria e per la facilità delle commessure, che la quantità dei denti delle ruote riesca esattamente divisibile per quella de'suoi razzi ove far si debba di più pezzi, assumeremo con m il numero intero inferiore a quello che si è rinvenuto e che sarà ad un tempo divisibile per la quantità dei di razzi della ruota e pel rapporto n del raggio della ruota a quello del rocchetto.

Ricaveremo la quantità m' dalla relazione

$$m = nm';$$

la quale modificazione ne abilita a prendere il passo alquanto maggiore od a costruire i denti alquanto più robusti di quel che sarebbesi desunto dal calcolo primitivo, il che non mena ad inconveniente di sorta.

Aggiungeremo, che per lo buono effetto e per una certa proporzione negl'ingranaggi, conviene che il rocchetto contenga almeno venti denti, salvo il caso eccezionale in cui siasi costretto ad adottarne un numero minore.

Esempio. Debba una ruota d'ingranaggio far muovere un rocchetto il quale esegua quattro giri per ogni uno ch'essa ne faccia. La distanza dei centri sia di 3^{m}, la quantità di lavoro che la ruota dee trasmettere sia di 1025^{chil} in $1''$, e compia ella otto giri in $1'$. Ne risulterà

$$n=4,\qquad R=\frac{nd}{n+1}=\frac{4\times3^m}{5}=2^m,40,$$

$$R'=\frac{3^m}{5}=0^m,60.$$

La velocità alla circonferenza della ruota sarà . . . . $=\dfrac{6,28\times2^m,40\times8}{60}=2^m,010.$

E lo sforzo cui debbono reggere i denti . . . . $=\dfrac{1025^{km.}}{2^m,010}=510^{chil.}$

Se i denti della ruota fossero di legno duro, ne verrebbe in proposito della loro spessezza e secondo la regola del numero 261,

$$b=0,143\sqrt{510}=3^{cent},23.$$

Saranno i denti del rocchetto, fusi, e la spessezza di essi, calcolati a seconda della formola di detto n.° 261; quindi avremo

$$b'=0,105\sqrt{510}=2^{cent},37.$$

Da ultimo, rinverremo pel passo

$$a=b+1,067b'=5^{cent},76,$$

supponendo l'ingranaggio eseguito con diligenza.
Il valore primitivo del numero di denti della ruota sarà

$$m=\frac{2\pi R}{a}=\frac{15,10}{0,0576}=262.$$

E volendo dare alla ruota otto razzi, faremo $m=256$, ch'è divisibile per 8 e per $n=4$; e tra ciascun razzo risulteranno così trentadue denti. Se il rocchetto sia fuso ad un sol pezzo od in più di due, faremo $m'=64$, donde trarremo

$$a = \frac{2\pi R}{m} = \frac{15,1}{256} = 5^{\text{cent.}},89.$$

205. Disegnazione pratica degl' ingranaggi. Determinati il passo dell'ingranaggio ed i raggi dei cerchi primitivi, divideremo la costoro circonferenza in tante parti quanti esser denno i denti a partire dal punto *a* in cui i cerchi intersegano la linea dei centri *cc'*, e vi segneremo lo spessore di ciascuno di tai denti (fig.ª 38).

Pel primo punto *b* di divisione del cerchio *c'a* del rocchetto, e distante di un passo dalla linea dei centri, meneremo un raggio *c'b*, il quale andrà ad incontrare in un punto *d* il cerchio del diametro *c'a*. Congiungeremo il punto *d* col primo punto *b'* di divisione del cerchio primitivo *c a* della ruota, e sulla metà della congiungente *b'd* eleveremo una perpendicolare che incontrerà la circonferenza del raggio *c a* in un punto in cui faremo il centro di un arco il cui raggio sia tra tal punto e *b'*; conseguiremo per tal modo la forma del dente.

Determinato così il raggio del cerchio che vien sostituito all' epicicloide, segneremo al modo stesso la curvità di tutti gli altri denti sulle due facce.

206. Limite della lunghezza dei denti. Fatto centro in *c* e col raggio *cd* descriveremo una periferia la quale costituirà il limite della lunghezza dei denti della ruota, sì che l'uno cessi di spingere quando l'altro perviene alla linea dei centri.

207. Delineamento del fianco. Condurremo pel centro *c* e pel punto *b'* un raggio; indicherà esso la direzione del fianco. Lo stesso eseguiremo nel rispetto dell'altra faccia del dente.

208. Denti del rocchetto. In ordine ai denti del rocchetto segneremo parimenti dall'una e dall' altra banda del punto *a* sui cerchi primitivi due tratti eguali al passo. Meneremo il raggio *c e* del cerchio primitivo della ruota il quale incontrerà la circonferenza del diametro *ca* in un punto *g* che congiun-

geremo col primo punto di divisione del cerchio c', partendo da a; eleveremo sulla metà della linea così segnata una perpendicolare, sino ad imbattersi nel cerchio del raggio $c'a$ in un punto che sarà il centro di un arco di cerchio il quale avrà per raggio la distanza tra esso centro ed il punto e, e costituirà la faccia del dente del rocchetto. Ci prevarremo del mentovato raggio per delineare parimenti le due facce degli altri denti.

Inoltre fatto centro in c' e col raggio $c'g$ descriveremo una periferia la quale limiterà la lunghezza dei denti del rocchetto, per modo che un di essi principia ad esser sospinto dal fianco di un dente della ruota, nell'atto che il precedente perviene alla linea dei centri.

Le circonferenze dei raggi cd e $c'g$ incontreranno la linea dei centri in due punti di quà dai quali sino ad n verso c e sino ad m verso c' su $c\,c'$ prenderemo una lunghezza eguale a circa $0^m,008$ e $0^m,10$; dappoi dai punti m ed n così determinati e coi raggi $c'm$, $c'n$ descriveremo due periferie le quali incontrando i fianchi dei denti del rocchetto e della ruota, ne determineranno la larghezza formando ad un tempo il fondo dei vacui. E non trascureremo raddolcire con ragguagliamento curvilineo il fianco ed il fondo del cavo onde non s'abbiano angoli rientranti ne' canti vivi.

209. Osservazioni sul delineamento seguito dalla generalita' dei pratici. I pratici han l'uso di sostituire altresì un cerchio all'epicicloide, prendendo per raggio di quello, taluni la corda del passo, altri i tre quarti della corda stessa.

Un tal metodo si appressa di molto a quello per noi riferito, e può invece di esso adottarsi le quante volte non presentano la ruota ed il rocchetto raggi soverchiamente disparati e non deggiono i denti essere assai robusti. Mal però si addirebbe a piccoli rocchetti con grossi denti cui muovano grandi ruote; ed in questo caso converrà seguire il metodo divisato.

210. Modificazione da arrecare al precedente disegno nel caso di rocchetti molto piccoli soggetti a gran-

DI SFORZI. I denti delineati a norma del n.° 205 riescirebbero troppo sottili ove il rocchetto fosse molto piccolo e considerabile lo sforzo ch'esso trasmette.

In allora sarà forza di rinunciare ad aver due denti che incastrino ad un tempo, e dovremo ripriucipiar l'operazione prendendo gli archi *ae* ed *ab* tangenti in *a*, eguali ai tre quarti del passo, e continueremo come venne spiegato a' ni 205 e seguenti.

Che se i denti di cui si tratta risultassero anche molto sottili in punta e ridotti al di là della metà della loro spessezza nella origine, ricominceremmo di bel nuovo il disegno, facendo detti archi *ab* ed *ae* uguali alla metà del passo.

NOTA. In tutto quanto precede ci siam sempre dipartiti dalla ipotesi che si tratti di un rocchetto mosso da una ruota, e non abbiam fatto parola delle lanterne, perciocchè questo modo vizioso d'incastro vuol'essere omai onninamente eliminato.

211. MODIFICAZIONE RELATIVA AL CASO IN CUI FOSSERO I ROCCHETTI MOLTO GRANDI, E ASSAI DEBOLI GLI SFORZI DA TRASMETTERE. Per contrario, se i raggi delle ruote fosser lunghi, e deboli di soverchio gli sforzi da trasmettere, accader potria che i denti delineati col metodo del n.° 205 riescissero un po' corti. In tal caso anzichè restringersi a far lavorare un sol dente in un intervallo eguale al passo e prima della linea dei centri e dopo, saremo in grado di assumere gli archi *ab* ed *ae* eguali ad una volta e mezzo o due volte il passo, ed eseguire il resto del disegno nel modo che già indicammo ai ni. 205 e seguenti.

212. LIMITE DELLO SPORTO DEI DENTI. In ogni caso, non conviene render l'aggetto dei denti dall' anello sopra cui poggiano, maggiore di 1,5 volte la loro grossezza misurata sul cerchio primitivo.

213. INGRANAGGIO INTERNO DI UNA RUOTA E DI UN ROCCHETTO. Semprechè la ruota conduttrice faccia muovere un rocchetto situato nel suo interno, la curva dei denti della ruota e l'fianco di quei del rocchetto vogliono essere del pari di-

segnati col metodo del n.° 205; il quale però non sarebbe applicabile rispetto al fianco di essi denti della ruota ed alla curvità di quelli del rocchetto.

La curvità or mentovata dovria contornarsi a forma di una epicicloide generata da un punto del cerchio primitivo della ruota scorrente nell'esterno del cerchio primitivo del rocchetto; ma vi sostituiremo un arco di cerchio descritto col centro all' origine di un dente e con un intervallo eguale alla corda dell' arco che misura il passo sul rammentato cerchio primitivo del rocchetto.

Quanto al fianco del dente della ruota, ridurrebbesi esso, secondo l'attuale disegno, al punto della circonferenza primitiva che descritto avrebbe l'epicicloide del dente del rocchetto; il che dimostra che allora il dente della ruota oprerebbe prima della linea dei centri, sempre partendo dallo stesso punto, e vi si formerebbe il cavo con tanta maggior prontezza in quanto un tal genere d'ingranaggio vien per solito impiegato a trasmettere il moto delle ruote idrauliche; nel qual caso la ruota ed il rocchetto sono del continuo annaffiati ed esposti ad un attrito considerabile.

Nelle ordinarie emergenze in cui non siasi costrutto troppo debole il rocchetto sì che non abbia a reggere a sforzi molto significanti, può preferirsi di sopprimere del tutto l' ingranaggio innanzi la linea dei centri, operando come qui appresso.

Essendo $a\,c'$ la linea dei centri (fig. 39), a il punto di contatto dei cerchi primitivi, prenderemo nelle ordinarie emergenze su tai cerchi un arco eguale a due volte il passo, ed alla sua estremità condurremo un raggio che incontri il cerchio di un diametro $R' = c'a$.

Congiungasi cotesto punto d'incontro con la estremità dell' arco preso sul cerchio della ruota, e sul mezzo della congiungente si elevi una perpendicolare la cui intersecazione col cerchio primitivo $c\,a$ darà il centro degli archi costituenti la curvità del dente.

Avrà il fianco del rocchetto la direzione dei raggi del cerchio c'. Si deseriva dal centro della ruota, come al n.°206, una periferia che costituirà il limite della lunghezza dei denti della ruota, in guisa che un dente cessi di spingere sol quando perviene alla linea dei centri quello che gli sta dappresso.

La lunghezza utile del fianco del rocchetto trovasi così determinata; senonchè, fa d' uopo protrarla al di là del cerchio primitivo $c'a$ per 0m,003 a 0m,005, ritondando gli angoli a partire dalla circonferenza primitiva con un raggio eguale alla corda del passo misurata sul cerchio primitivo del rocchetto.

Del pari convien condurre dal centro della ruota, dei raggi tangenti alle facce dei denti per formar i fianchi, i quali a un dipresso ad altro non servono che ad assegnare una profondità dicevole ai vacui diversi.

Trovandosi i denti della ruota e del rocchetto così limitati verso l'estrema parte, si assegni ai vacui una tale profondità che tra i denti ed il fondo di simili vacui stavi un gioco di 0m,008 a 0m,010.

214. Modificazione pel caso di piccoli rocchetti soggetti a grandi sforzi. Se fosse il rocchetto assai piccolo, potrebbe accadere che i denti nel riferito modo costrutti, essendochè ve ne ha sempre due ad un tempo a contatto, fossero troppo smilzi alla estremità. In tal caso si ricominci il disegno, stabilendo degli archi eguali ad 1,5, e se occorre, ad una volta il passo. Di rado però ci troveremo in simili circostanze.

Cotesti ingranaggi interni si addicono al caso in cui la ruota pone in moto il rocchetto.

215. Ingranaggio di un rocchetto con una spranga dentata.

Per disegnare i denti di un rocchetto che debba far muovere una spranga dentata, conviene innanzi tratto determinare la quantità di altezza per la quale si eleva essa spranga ad ogni rivoluzion di quello.

Denominando

h tale quantità di altezza
r il raggio del cerchio primitivo del rocchetto,
otterremo

$$r=\frac{h}{2\pi}.$$

Conoscendo la resistenza che la mentovata spranga oppone al rocchetto, calcoleremo lo spessore b del dente del rocchetto dal quale desumeremo il passo; indi il numero m dei denti del rocchetto verrà determinato mediante la formola

$$m=\frac{2\pi r}{a}.$$

Adotteremo per m il prossimo numero intero inferiore, e dalla riferita relazione trarremo un valore del passo a alquanto maggiore dell'altro rinvenuto, la qual cosa non mena ad inconveniente di sorta.

Ciò eseguito, avvolgeremo un filo sulla circonferenza del cerchio primitivo e con uno stile legato alla sua estremità, svolgendo esso filo, segneremo la sviluppata del cerchio che sarà la curva delle due facce di dente del rocchetto (fig. 40).

Due raggi tangenti nelle origini di simili curve alla circonferenza primitiva costituiranno il fianco dei denti, e per limitare la lunghezza utile della curva in guisa che il contatto cessi ad una data distanza che ci studieremo di rendere eguale al passo, si adatterà sulla linea dei contatti una lunghezza ab eguale a detto passo, e dal centro c col raggio cb descriveremo una circonferenza che determinerà la larghezza dei denti del rocchetto.

In ordine ai denti della spranga, giungeremo a delinearli con una esattezza bastevole in pratica, descrivendo dalla origine di uno di essi qual centro e col passo come raggio, un arco che vien limitato in d nel punto del suo incontro col cerchio il cui diametro agguagli il raggio del rocchetto.

Avranno simili denti i fianchi perpendicolari alla direzio-

ne del moto e riesciranno simmetrici al pari di quelli del rocchetto.

Regoleremo la profondità del cavo e l'aggetto totale nel modo che per noi si è dichiarato ai n^i. 208 e 212.

Accade sovente nel rispetto di simile ingranaggio che, secondo la rinvenuta dimensione del passo, i denti che precedono e susseguono il punto di contatto del cerchio primitivo colla linea *ab* alla distanza di quà e di là di un passo, nell'esser mossi, diventino troppo esili nella estremità. Restringeremo allora l'ampiezza del contatto, e determineremo il raggio della curvità dei denti della spranga nel modo che già si è esposto ai n^i. 210 e 205 per gl'ingranaggi ordinari.

216. Denti ricurvi dei pistelli. I denti ricurvi dei pistelli vengono delineati nel modo stesso che i denti del rocchetto con cui si pone in moto una spranga; ed avvegnachè ve ne ha un picciol novero nella circonferenza, possiamo supporre che ognun di essi operi per una data porzione di detta circonferenza, in guisa che il pistello abbia il tempo di ricadere prima che l'altro dente ricurvo non arrivi per risospingerlo.

Contrassegnando con, (fig. 41),

h l'alzata del pistello data per solito,

m il numero dei denti ricurvi opranti sur uno stesso pistello in una rivoluzione dell'albero,

n il numero di rivoluzioni dell'albero in 1',

$t = \frac{60''}{n}$ la durata di una rivoluzione,

r il raggio del cerchio primitivo da sviluppare.

L'intervallo di un'alzata all'altra sarebbe $\frac{t}{m} = \frac{60''}{mn}$; ma poichè le resistenze passive posson ritardare la discesa, aumenteremo questo tempo di $\frac{1}{6}$ per non trovarci esposti a vedere le traverse urtare nel venir giù contra i denti.

E facendo in allora

$$\frac{t}{m}\left(1+\frac{1}{6}\right)=t'$$

otterremo il raggio r mediante la formola

$$r=\frac{60h}{\left(t'-\sqrt{\frac{2h}{9,81}}\right)6,28.};$$

donde tragghiamo,

Che convien dividere la durata di una rivoluzione dell'albero pel numero di denti opranti su di uno stesso pistello; aumentare questo tempo di $^1/_6$ e sottrurre da esso la radice quadrata del doppio dell' alzata diviso per 9,81, *e moltiplicare il resto per* 6,28 *volte il numero di rivoluzioni dell'albero a denti ricurvi in* 1';

Dividere pel prodotto l'alzata cui prima si moltiplichi per 60: *il quoziente esprimerà il minimo raggio assegnabile al cerchio da sviluppare.*

Non vi sarà inconveniente di sorta adottandone un altro alquanto maggiore.

Esempio. Diffinire il limite infimo del raggio del cerchio da sviluppare per costruir i denti ricurvi di un mulino a pistelli alle seguenti condizioni.

$$h=0^m,40, \quad m=2, \quad n=25,$$

$$t=\frac{60}{25}(1+{}^1/_6)=1'',40.$$

Rinverremo

$$r=\frac{60\times0,40}{(1,40-0,285)6,28\times25}=0^m,137.$$

Il raggio che d'ordinario si adotta è circa il doppio di questo limite infimo.

Delineeremo il cerchio del raggio r in tal guisa determinato, e limiteremo la lunghezza della curva coerentemente a

quanto esposto abbiamo nel numero precedente, adattando sulla tangente una lunghezza eguale all'alzata, e descrivendo col centro dell'albero la periferia che passerebbe pei punti così ottenuti.

Il resto del delineamento non offre veruna difficoltà.

217. Denti in epicicloidi destinati a trasmettere un alterno moto circolare. Per costruire i denti impiegati a sollevare i martelli da gualchiera, quelli detti frontali, e simili, determineremo da prima la mercè dell'amplitudine del moto che fa d'uopo imprimere a codesti ordigni la lunghezza dell'arco corrispondente alla durata del contatto.

Assumeremo rispetto al cerchio munito di denti un congruo raggio, a norma delle proporzioni in uso e tale che lo strumento nel discendere non incontri un dente innanzi di pervenire nella sua giacitura inferiore e di aver compiuta tutta la sua azione.

Segneremo il cerchio primitivo *c a* dell' albero a denti non che quello del raggio *c'a* e l' altro il cui diametro è *ca'* (fig. 42).

Divideremo quest'ultimo cerchio e l'altro *ca* in parti eguali partendo da *a*, nei punti 1, 2, 3, 4, 5. Da tai punti di divisione del cerchio *c a* con raggi eguali alle corde 1*a*, 2*a*, 3*a* ec. del cerchio del diametro *c'a* descriveremo altrettanti archi i quali con le loro successive intersecazioni daranno la curva dell'epicicloide dell'albero.

Da *a* in *b* sul cerchio del diametro *c'a* si adatti un arco eguale a quello che si descrive nell'atto che l'albero sospinge il manico; e dal punto *c* come centro e con un raggio eguale a *c b* si segni una circonferenza la quale costituirà il limite della lunghezza utile dei denti.

Onde agevolare il disimpegno del manico, daremo ad essi denti un fianco in linea retta nel senso del raggio, e ne determineremo la lunghezza a seconda delle dimensioni del manico stesso e del necessario gioco.

Non trovandosi esposti essi denti ad esser sospinti in direzione opposta, possiam dispensarci dall'assegnar loro un contorno simmetrico in ambi i lati, comechè ciò si pratichi dalla generalità dei costruttori.

218. Ingranaggi conici. Essendo dato l'angolo costituito dai due assi di rotazione, si elevino in due punti qualsivogliano dei due lati *CM*, *CN* (fig. 43), delle perpendicolari che stieno fra loro in rapporto inverso delle velocità angolari ossia delle quantità di giri. Dalle estremità P e Q di tali assi perpendicolari si conducano due parallele PA, QA alle linee CM, CN. La congiungente CA dividerà l'angolo MCN in due parti tali che i coni i quali avranno per generatrice quest'ultima linea e giranti rispettivamente intorno alle CM e CN, scorreranno l'un sull'altro, trasmettendosi delle velocità angolari nello stesso rapporto. Simili coni addimandansi *coni primitivi*.

Se contrassegneremo con

R il raggio della ruota conduttrice,

R' il raggio del rocchetto,

n il rapporto delle velocità angolari o delle quantità di giri, conseguiremo

$$R = n\,R',$$

in guisa che se sia dato uno dei raggi, l'altro sarà del pari conosciuto.

Calcoleremo, come si dirà in appresso al n°. 261, lo spessore e la larghezza dei denti, e ne inferiremo il passo a.

Dividendo dappoi la circonferenza $2\pi R$ pel passo a, rinverremo il numero m dei denti della ruota; e siccome generalmente nel quoto si conterrà una frazione, assumeremo per m il prossimo numero intero inferiore, divisibile ad un tempo pel numero dei razzi della ruota e pel rapporto n delle velocità, il che mena ad un nuovo valore del passo $\frac{2\pi R}{m}$, od al quoziente della circonferenza primitiva divisa pel numero di denti adottato, ed alquanto superiore al precedente.

Determineremo indi il numero di denti del rocchetto m; $= \frac{m}{n}$, dividendo la quantità di denti della ruota pel numero di giri che il rocchetto dee compiere ad ogni rivoluzion della ruota.

Adatteremo la larghezza dei denti da A ad *a* sulla linea CA, e dal punto *a* abbasseremo due perpendicolari *ab*, *ad* le quali saranno i raggi di due cerchi novelli; ed è appunto tra i cerchi AB ed *ab*, AD ed *ad* che sarà compresa la serie dei denti da costruire. Eleviamo dal punto A sulla linea CA una perpendicolare la quale incontri in E ed F gli assi CB e CD; essi punti E ed F costituiranno il vertice di due nuove superficie coniche perpendicolari alle precedenti, le quali stabiliranno le *facce anteriori* dell'ingranaggio.

Ciò stante, (fig. 44), si sviluppino i coni dei vertici E ed F e che hanno per lati AE ed AF; i cerchi AB ed AD che servon loro di base si toccheranno in A, e vengon riguardati come cerchi primitivi di un ingranaggio piano il quale si segnerà nel modo espresso al n.° 205.

Eseguiremo il disegno di un certo numero di denti sur un foglio flessibile di latta sottile, che si vien recidendo a norma del profilo determinato, ed indi lo adatteremo come modello sulla faccia anteriore della corrispondente ruota, su cui segneremo con uno stiletto l'ingranaggio ond'è parola.

Ripeteremo le identiche operazioni in ordine alle superficie coniche, perpendicolari in *a* ai coni primitivi, costituenti le facce interne.

Ripetendo i due delineamenti per tal modo riportati sulle facce anteriori, verranno i profili dei denti a corrispondere con esattezza l'uno sull'altro, e tirando delle linee rette dall'uno all'altro dei punti omologhi, saremo in grado di compiere tutta la serie dei denti stessi.

219. Ingranaggi a sviluppate circolari. Semprechè una ruota pone in moto più rocchetti di vario diametro, l'ingranag-

gio ad epicicloidi ed il disegno pratico che gli vien sostituito, n.° 205, non soddisfano più per tutti essi rocchetti alla condizione di trasmettere la velocità in un rapporto costante.

Conviene in tal caso sostitnirgli l'ingranaggio con denti in forma di sviluppate, procedendosi come segue, (fig. 45).

Determineremo i raggi dei cerchi primitivi, non che lo spessore e la larghezza dei denti ed il passo, in consonanza dell'esposto ai n. 201 e 204.

Ciò eseguito, se vuolsi che i denti si sospingano innanzi e dopo la linea dei centri, per una quantità eguale al passo, adatteremo partendo dal punto *a*, sul cerchio primitivo del rocchetto, un arco *ab* eguale al detto passo, e condurremo il raggio *c'b*. Dal punto *a* abbasseremo una perpendicolare su di *c'b*, e dal punto *c* tireremo una parallela *ce* a *c'b*. Descriveremo dai centri *c* e *c'* le periferie che avranno per tangente comune la linea *a e* prolungata, ed avvolgeremo su tale periferia un filo, di cui una estremità sia legata ad uno stiletto; svolgendo indi esso filo, lo stiletto segnerà successivamente la sviluppata delle due circonferenze; e le curve per tal modo conseguite saranno quelle del profilo dei denti.

Dal centro *c* con un raggio eguale alla distanza che intercede tra esso e 'l piè della perpendicolare abbassata da *a* su *c'b* descriveremo una circonferenza costituente il limite della lunghezza dei denti della ruota.

Essendo la curva del dente del rocchetto pervenuta ad una distanza eguale al passo, incontrerà essa la linea *ae* in un punto la cui distanza del centro *c'* assumendosi per raggio, descriveremo con esso dal centro *c'* una circonferenza che formerà limite ai denti del rocchetto.

Onde agevolare lo scorrere dei denti attraverso ai cavi, fa d'uopo assegnare ai denti i rispettivi fianchi costituiti da raggi tangenti alla loro origine, la cui lunghezza presa internamente ai cerchi sviluppati, non debb'eccedere $0^m,008$ a $0^m,010$; la qual cosa determina ad un tempo la profondità dei vacui.

220. Modificazione relativa al caso di rocchetti assai piccioli soggetti a notabili sforzi. Se in seguito della grande differenza dei raggi primitivi R ed R' e della spessezza assegnabile ai denti, la condizione di far oprare essi denti ad una distanza di quà e di là dalla linea dei centri egnale al passo, importasse che si avessero denti moltosottili nell'estremità, cominceremo di bel nuovo a delineare i denti di cui si tratta, facendo che oprassero ad una distanza pari ai $^3/_4$ ed alla metà del passo.

221. Il delineamento che precede è applicabile alle ruote angolari. Il disegno degl'ingranaggi a sviluppi di cerchio può applicarsi alle ruote angolari del pari che agl' ingranaggi piani.

222. Ingranaggio di una vite perpetua, motrice di un rocchetto. Affin di delineare l'ingranaggio di una vite perpetua motrice di un rocchetto, determineremo innanzi tratto lo spessore dei denti nommeno che il passo secondo l'intensità degli sforzi da trasmettere, col soccorso delle formole del n.° 261.

Il passo delle spire della vite nella circonferenza primitiva agguaglierà il passo dell'ingranaggio, ed avvegnachè a ciascun giro della vite si spingerà oltre un dente del rocchetto, saremo in grado di calcolare il raggio di quest'ultimo, sì che venga esso a compiere una rivoluzione ad ogni dato numero di giri della vite.

Sia n un tal numero; otterremo per diffinire il raggio del rocchetto la formola

$$R=\frac{an}{6,28},$$

la quale importa:

Che per conoscere il raggio del cerchio primitivo di un rocchetto cui si voglia muovere mediante una vite perpetua,

Convien moltiplicare il passo pel numero dei giri che la vite

compier dee ad ogni rivoluzione del rocchetto, e dividere il prodotto per 6,28:

Il quoziente darà il raggio richiesto.

Essendo noto il passo della vite, conseguiremo il diametro dell'albero prevalendoci delle regole pratiche che verremo riferendo al n.° 286, la mercè della formola

$$r = \frac{5}{3} a.$$

Rispetto alla linea retta che rappresenta il cerchio primitivo della vite, sarà esso parallelo all'asse di questa ad una distanza eguale ad $\frac{11}{10}$ r.

Ciò fatto, si procederà a delineare il profilo dei denti del rocchetto e quello delle spire della vite nel modo stesso che se si trattasse di un rocchetto che debba porre in moto, n.° 215, una spranga dentata. Quindi resterà compiutamente determinata la vite in questione.

In ordine al rocchetto, i suoi denti vogliono essere inclinati sul proprio asse del pari che le spire su quello della vite. A qual uopo, eseguito da prima il delineamento del profilo dei denti sulle due facce anteriori dell' ingranaggio, inclineremo sul cilindro contenente le cime dei denti una retta che dalla estremità di un dente proceda verso il punto omologo del dente che precede nel senso del moto; ed operando identicamente a misura che si andranno formando i vacui dei denti del modello, compiremo la faccia sinistra dei denti del rocchetto.

DELL' ATTRITO.

223. Distingueremo due generi di attrito, derivando il primo di essi dalla resistenza che si manifesta nello scorrere che fa un corpo su di un altro, e desumendo il secondo dalla resistenza che un corpo sperimenta nel voltolarsi su di un altro.

Nel primo caso assume la resistenza la denominazione di *attrito di scorrimento*; nel secondo quella di *attrito di rivolgimento.*

Un gran novero * di saggi istituiti su tutt' i corpi impiegati nelle macchine e nelle costruzioni diverse, sotto pressioni comparabili a quelle che han luogo in pratica e muniti dei rivestimenti in uso, han provato che l'attrito di scorrimento sia

1°. Indipendente dalla velocità del moto,

2.° Indipendente dalla estensione della superficie di contatto,

3.° Proporzionale alla pressione, in un rapporto costante

* Nuovi sperimenti sull' attrito, eseguiti in Metz negli anni 1831 — 32 e 33, pubblicati per ordine dell' Accademia delle Scienze. — 1834, presso Bachelier, libraio in Parigi.

per gli stessi corpi in istato identico, e variabile da un corpo all' altro.

La sperienza ci ha rivelato altresì, che messi i corpi per alcun tempo in contatto fra loro, come una cateratta co' suoi gàrgami, l'attrito nel momento in cui voglionsi far scivolare l'un sull'altro si manifesta maggiore di quando sieno essi già in moto. E qui giova discernere due casi diversi, prima quello in cui i corpi sien rimasti alcun tempo in contatto, indi quello in cui si considerano i corpi muoversi gli uni sugli altri.

I valori del rapporto dell' attrito alla pressione nell' una e nell'altra ipotesi e rispetto a tutt'i corpi usitati nelle macchine, son registrati nei seguenti quadri.

SPECCHIO N.° 1. ATTRITO DELLE SUPERFICIE PIANE STATE ALCUN TEMPO IN CONTATTO FRA LORO.

INDICAZIONE delle superficie in contatto	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Quercia su quercia........	parallele	senza spalmat.a	0,62
	id.	stropicciata con sapone secco.	0,44
	perpendicolari	senza spalmat.a	0,54
	id.	bagnate di acqua	0,71
	legno all'impiedi sopra legno spianato	senza spalmat.a	0,43
Quercia sopra olmo........	parallele	id.	0,38
Olmo sopra quercia........	id.	id.	0,69
	id.	stropicciata con sapone secco.	0,41
	perpendicolari	senza spalmat.a	0,57
Frassino, abete, faggio, sorbo, sopra quercia ...	parallele	id.	0,53
Cuoio concio sopra quercia	il cuoio di piatto	id.	0,61
	il cuoio orizz.e	id.	0,43
		bagnato d'acqua	0,79

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Cuoio nero lustrato o correggia. sopra superficie piana di quercia	parallele	senza spalmatura	0,74
Cuoio nero lustrato o correggia. sopra lamburo di quercia	perpendicolari	id.	0,47
Stuola di canape sopra quercia	parallele	senza spalmatura	0,50
	id.	bagnate d'acqua	0,87
Corda di canape sopra quercia	parallele	senza spalmatura	0,80
Ferro sopra quercia	parallele	id.	0,62
	id.	bagnate d'acqua	0,65
Metallo fuso sopra quercia	parallele	id.	0,65
Rame giallo sopra quercia	parallele	senza spalmatura	0,62
Cuoio di bue per guernimenti di stantuffi, su metallo fuso	di piatto	bagnate d'acqua	0,62.
		con olio, sevo o sugna.	0,12
Cuoio nero lustrato o correggia sopra carrucola di metallo fuso		senza spalmatura	0,28
		bagnate d'acqua	0,38
Metallo fuso sopra pezzi dell' istessa materia	»	senza spalmatura	0,16 *
Ferro su metallo fuso	»	id.	0,19
Quercia, olmo, carpino, ferro, metallo fuso e bronzo, scorrenti a due a due l'un sull' altro	»	spalmatura di sevo	0,10 **
		spalmatura di olio o di sugna	0,15 ***
Pietra calcarea oolitica su pietra della stessa natura	»	senza spalmatura	0,74
Pietra calcarea dura detta muschelkalk sopra calcarea oolitica	»	id.	0,75
Mattone su calcarea oolitica	»	id.	0,67
Quercia su id.	legno all'impiedi	id.	0,63

* Conservando le superficie una qualche untuosità. — ** Allorchè il contatto non sia durato sì a lungo da spremere la spalmatura. — *** Semprechè il contatto sia durato tanto da tòrre via la spalmatura e ridurre le superficie allo stato di semplice untuosità.

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Ferro su *id*..........	»	*id.*	0,49
Pietra calcarea dura e muschelkalk* su muschelkalk.	»	*id.*	0,70
Pietra calcarea oolitica su muschelkalk	»	*id.*	0,75
Mattone su muschelkalk..	»	*id.*	0,67
Ferro su *id*............	»	*id.*	0,42
Quercia su *id*............	»	*id.*	0,64
Pietra calcarea oolitica su pietra della stessa natura.	»	Con ispalmatura di cemento di tre parti di sabbia fina ed una di calce idraulica.	0,74 **

224. Osserveremo che avendo l'esperienza dimostrato siccome uno scrollo molto leggiero può determinare il movimento od il distacco delle superficie sotto uno sforzo di traimento alquanto superiore a quello bastevole a vincere l'attrito durante il moto, ei non ci è lecito di valerci dell'addotto specchio in tutte le applicazioni relative alla stabilità delle opere soggette a scuotimenti qualunque, e convien servirsi degli specchi che or ci facciamo a riportare.

225. SPECCHIO N. 2. Attrito delle superficie piane le une in moto sulle altre.

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Quercia su quercia.........	parallele	senza spalmat.^a	0,48
	id.	stropicciate con sapone.	0,16
	perpendicolari	senza spalmat.^a	0,34
	id.	bagnate d'acqua	0,25
	legno all'impiedi sopra legno piano	senza spalmat.^a	0,19

* Dal Tedesco muschel, conchiglia, e kalk, calce. *Trad.*
** Dopo un contatto di 10' a 15'.

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Olmo su quercia............	parallele	*id.*	0,43
	perpendicolari	*id.*	0,45
	parallele	*id.*	0,25
Frassino, abete, faggio, paro selvaggio, e sorbo, su quercia	*id.*	*id.*	0,36 a 0,40
Ferro su quercia	*id.*	*id.*	0,62
		bagnate di acqua	0,26
		stropicciate di sapone secco.	0,21
Metallo fuso sopra quercia	*id.*	senza spalmat.[a]	0,49
		bagnate di acqua	0,22
		stropicciate di sapone secco.	0,19
Rame giallo su quercia...	*id.*	senza spalmat.*	0,62
Ferro sopra olmo.........	*id.*	*id.*	0,25
Metallo fuso sopra olmo..	*id.*	*id.*	0,20
Cuoio nero lustrato sopra qnercia	*id.*	*id.*	0,27
Cuoio concio sopra quercia........................	di piatto od orizzontale	*id.*	0,30 a 0,35
		bagnate d'acqua	0,29
Cuoio concio su ferro fuso e sopra bronzo	di piatto od orizzontale	senza spalmat.[a]	0,56
		bagnate d'acqua	0,36
		untuose e bagnate d'acqua	0,23
		spalmate d'olio	0,15
Canape in fili od in forma di funi sopra quercia.....	parallele	senza spalmat.[a]	0,52
	perpendicolari	bagnate d'acqua	0,33
Quercia ed olmo sopra ferro fuso....................	parallele	senza spalmat.[a]	0,38
Pero selvaggio *id.*....	*id.*	*id.*	0,44
Ferro battuto su pezzi della stessa materia..........	*id.*	*id.*	» *

* Le superficie corrodonsi quando non vi è spalmatura.

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	DISPONIMENTO delle fibre.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell'attrito alla pressione.
Ferro su ferro fuso e sopra bronzo................	»	*id.*	0,18 *
Ferro sopra pezzi dell'istessa natura e su bronzo ...	»	*id.*	0,15 **
Bronzo su bronzo	»	*id.*	0,20
Bronzo su ferro fuso......	»	*id.*	0,22
Bronzo su ferro battuto.	»	*id.*	0,16 ***
Quercia, olmo, carpino, pero selvaggio, ferro fuso, ferro battuto, acciaio, e bronzo, scorrenti l'un sull'altro o sopra sè stessi	»	Umettate come per solito con ispalmatura, sevo, sugna, olio, grasso molle ec. lievemente untuose al tatto.	0,07 a 0,08**** 0,15
Pietra calcarea oolitica su pietra della stessa natura	»	senza spalmat.[a]	0,64
Pietra calcarea detta muschelkalk su calcarea oolitica	»	*id.*	0,67
Mattone ordinario su calc. oolitica	»	*id.*	0,65
Quercia su .....*id*...	legno all'impiedi	*id.*	0,38
Ferro battuto su *id*........	parallele	*id.*	0,69
Pietra calcarea detta muschelkalk su pietra dell'istessa natura..............	»	*id.*	0,38
Pietra calcarea oolitica sopra muschelkalk.........	»	*id.*	0,65
Mattone ordinario su muschelkalk..................	»	*id.*	0,60
Quercia su *id*.........	legno all'impiedi	*id.*	0,38
Ferro battuto *id*.........	parallele	*id.*	0,24
	id.	bagnate d'acqua	0,30

* Conservando tuttavia le superficie alquanta untuosità. — ** Ritrovandosi le superficie un pò untuose. — *** Quando la spalmatura sia del continuo rinnovata ed uniformemente distribuita, un tal rapporto può diminuire insino a 0,05.

226. SPECCHIO N.° 3. ATTRITO DEI CARDINI IN MOTO SUI LORO GUANCIALETTI.

INDICAZIONE delle superficie in contatto.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell' attrito alla pressione quando sia rinnovata la spalmatura. come per solito.	del continuo.
Cardine di forro fuso su guancialetti simili.	spalmatura d' olio d' ulive, di sugna, di sego, di grasso molle..........	0,07 a 0,08	0,054
	con le stesse spalmature e bagnate di acqna......	0,08	»
	spalmatura di asfalto....	0,054	»
	untuose....................	0,14	»
	untuose e bagnate d' acqua......................	0,14	»
Cardini di ferro fuso su guancialetti di bronzo.	spalmature d' olio d' ulive, di sugna, di sevo, o di grasso molle........	0,07 a 0,08	0,054
	untuose......................	0,16	»
	untuose e bagnate di acqua........................	0,16	»
	assai poco untuose.......	0,19	» *
Cardini di ferro fuso su guancialetti di legno gaiacco.	senza spalmatura........	0,18	» **
	spalmatura d'olio o di sugna.........................	»	0,090
	untuose d'olio o di sugna	0,10	»
	untuose di una mistione di sugna e di piombaggine........................	0,11	»
Cardini di ferro battuto su guancialetti di ferro fuso.	spalmatura d'olio di olive, di sevo, di sugna o di grasso molle	0,07 a 0,08	0,054
Cardini di ferro fuso su guancialetti di bronzo.	spalmatura di olive, di sugna o di sego.........	0,07 a 0,08	0,054
	spalmatura di grasso duro...........................	0,09	»
	untuose e bagnate di acqua	0,19	»
	appena untuose...........	0,25	» ***

* Incominciando le superficie a corrodersi. — ** Essendo i legni alquanto untuosi. — *** Incominciando le superficie a corrodersi.

INDICAZIONE della superficie in contatto.	STATO delle superficie.	RAPPORTO dell'attrito alla pressione quando sia rinnovata la spalmatura: come per solito	del continuo
Cardini di ferro battuto su guancialetti di gaiacco.	spalmatura d'olio o di sugna	0,11	»
	untuose	0,19	»
Cardini di bronzo su guancialetti della stessa materia.	spalmatura d'olio	0,10	»
	spalmatura di sugna	0,09	»
Cardini di bronzo su guancialetti di ferro fuso	spalmatura d'olio o di sevo	»	0,045 a 0,052
Cardini di gaiacco su guancialetti di ferro fuso	spalmatura di sugna	0,12	»
	untuose	0,15	»
Cardini di gaiacco sopra guancialetti di gaiacco	spalmatura di sugna	»	0,07

227. Uso degli specchi su riferiti. Conoscendosi la pressione che soffron le superficie di una materia qualunque in uno stato conosciuto, se la si moltiplichi pel rapporto dell'attrito alla pressione riferibile al caso in esame, otterremo l'attrito il quale si oppone a che le medesime scorrano l'una sull'altra, sia nell'istante in cui principia il moto sia nell'atto ch'esso moto è in vigore.

Applicazione. — Esempio primo. Diffinire lo sforzo necessario a sollevare una cateratta di quercia larga 1^{m}, grossa $0^{m},05$, ed alta $0^{m},35$ la quale chiuda una luce alta $0^{m},30$ ed il cui centro sia a $1^{m},50$ al di sotto del livello dell'acqua.

Il tirante della cateratta è di quercia, ed ha $0^{m},08$ di spessore, la larghezza, di $0^{m},12$, ed è lungo $2^{m},30$, essendo per $1^{m},60$ immerso nell'acqua.

La superficie premuta dall'acqua è uguale ad $1^{m} \times 0^{m},35 = 0^{mq},35$.

Essendo l'altezza della colonna d'acqua che preme nel di lei mezzo di $1^{m},50$, la pressione che la cateratta soffre, pareggia

$$0^{mq},35 \times 1^{m},50 \times 1000^{chil} = 525^{chil}.$$

L'attrito nell'istante in cui la cateratta principia a muoversi è, secondo lo specchio del n.° 223, $0,71 \times 525^{chil} = 373^{chil}$.

Il peso di essa cateratta immersa nell'acqua con la porzione del tirante è sensibilmente eguale al volume d'acqua per essa espulsa. Il peso della porzione non immersa del tirante pareggia $900\ (0^{m},08) \times 0^{m},12 \times 0^{m},7 = 6^{chil},05$.

Lo sforzo adunque necessario per sollevar la cateratta sarà

$$373 + 6,05 = 379^{chil.},05.$$

Avvenuto il movimento, lo sforzo richiesto per superare l'attrito riducesi a

$$0,25 \times 525^{chil} = 131^{chil},25.$$

Esempio secondo. Rinvenire lo sforzo necessario per innalzare una cateratta di ferro fuso larga 3^{m}, alta $0^{m},45$, adattata ad un'apertura di $0^{m},40$, ed inclinata a 40°, ed il cui mezzo trovasi immerso a $0^{m},60$ inferiormente al livello dell'acqua.

Nota. In grazia di una misura prudenziale il peso proprio della cateratta viene equilibrato da uno sbilancio, in guisa che l'apparato per la manovra del medesimo dee superare soltanto l'attrito che soffre ne' suoi gàrgami.

La superficie premuta dall'acqua $= 3^{m}$ [illegible],45 $= 1^{mq},35$.

Ed essendo l'altezza del livello sul centro di $0^{m},60$,

La pressione totale $= 0^{m},60 \times 1^{mq},35 \times 1000 = 810^{chil}$.

L'attrito nell'istante che ha principio il moto (specchio del n.° 223) sarà

$$0,314 \times 810 = 251^{chil.}$$

Esempio terzo. Diffinire l'attrito di un telaio di ferro fuso da sega, del peso di 50^{chil}, moventesi in gàrgami orizzontali di bronzo spalmati di sugna.

L'attrito (specchio del n.° 225) sarà

$$0,07 \times 50^{chil} = 3^{chil},50 \cdot$$

Se le superficie fossero soltanto untuose, qual ne sarebbe l'attrito?

Sarebbe (specchio del n.° 225) $= 0{,}14 \times 50^{chil} = 7^{chil}$.

228. Quantita' di lavoro spesa nell'attrito delle superficie piane. Per calcolare la quantità di lavoro che si consuma nell'attrito di due superficie piane moventisi l'una sull'altra per una data lunghezza,

Fa d'uopo moltiplicare la pressione N *pel rapporto* f *dell'attrito ad essa pressione, corrispondente alla superficie in contatto, e si otterrà il valore dell'attrito;*

Si moltiplichi quest'ultimo risultamento pel cammino o spazio che le superficie han percorso l'una sull'altra:

Il prodotto esprimerà la chiesta quantità di lavoro.

Esempio. Determinare la quantità di lavoro spesa in ogni spinta del telaio da sega del numero precedente. L'intervallo percorso in ogni spinta essendo di $0^m{,}65$, questa quantità di lavoro sarà $0{,}14 \times 50^{chil} \times 0^m{,}65 = 4^{chm}{,}55$, e se vi ha cento spinte in 1', la quantità di lavoro consumata in 1'' sarà

$$4^{chm}{,}55 \times \frac{100}{60} = 7^{chm}{,}58.$$

229. Quantita' di lavoro spesa nell'attrito dei perni. Il calcolo della quantità di lavoro consumata in ogni giro dell'attrito dei perni di un albero su i suoi spreggi o guancialetti si esegue,

Determinando la pressione N *esercitata sugli spreggi in cui si ponga a calcolo il peso dell'albero e de'suoi accessori, non che lo sforzo della potenza e quello della resistenza* (N.° 231);

Moltiplicando la mentovata pressione N *pel rapporto* f *dell'attrito alla pressione corrispondente allo stato dei corpi in contatto* (specchio n.° 3), *ed otterremo l'attrito* fN;

Moltiplicando quest'ultimo risultamento pel cammino percorso dai punti in contatto in una rivoluzione, o per la circonferenza $2\pi r = 6{,}28r$ *del perno,*

Sarà il prodotto 6,28fNr il lavoro consumato dall' attrito in ogni giro.

Onde ottenere il lavoro speso in ogni secondo, si moltiplichi un tal prodotto pel numero n di giri che si compiono in 1":

Il risultato 6,28nfNr, costituirà il lavoro speso in ciascun minuto secondo.

Esempio primo. Qual' è la quantità di lavoro consumata in 1" dall'attrito dei perni di una ruota idraulica soggetta ad una pressione di 12000 chilogrammi?

Il raggio dei perni suppongasi di $0^{m},10$, sien questi di ferro fuso, e riposino sovra spreggi di bronzo spalmati di sugna; faccia la ruota cinque giri in 1'.

L'attrito dei perni di ferro fuso sovra spreggi di bronzo risulta (specchio del n.° 226) di

$$0,07 \times 12000 = 840 \text{ chilogrammi}.$$

Il cammino percorso dalla circonferenza dei perni in 1" è

$$\frac{6,28 \times 0^{m},10 \times 5}{60''} = 0^{m},0523;$$

quindi la quantità di lavoro consumata dall' attrito sarà $840 \times 0^{chill},0523 = 44^{chm}$.

Esempio secondo. Determinare la quantità di lavoro spesa dall' attrito di una ruota idraulica, il cui effetto utile sia di 3514^{chm} o di 48,2 cavalli, nelle seguenti condizioni.

Il diametro della ruota $= 9^{m},10$;

Lo sforzo esercitato dall'acqua sulla circonferenza della ruota si suppone operar verticalmente di alto in basso, ed eguale a 1372 chilogrammi;

La resistenza verticale del rocchetto opera di basso in alto, e pareggia del pari circa 1372 chilogrammi;

Il peso della ruota è di . . . . 25000^{ch}

Il peso dell'acqua contenuta nella medesima di 1480^{ch}

Il raggio dei perni di ferro fuso sovra spreggi di bronzo spal-

mati di sugna. $0^m,118$.
La velocità della circonferenza della ruota, di . $2^m,63$.

Risulta da simili dati che lo sforzo esercitato dall'acqua e quello trasmesso al rocchetto sono a un dipresso eguali ed in senso contrario, e quindi si distruggono.

Il perchè, la pressione su i perni è espressa da

$$25000^{ch} + 1480 = 26480^{ch}$$

Essendo il rapporto dell'attrito alla pressione, in ordine agli spreggi di bronzo ed ai perni di ferro fuso spalmati di sugna (specchio del n.° 226), di $0^m,08$, risulterà l'attrito di

$$0,08 \times 26480^{ch} = 2118^{ch},40.$$

Esprimesi il cammino percorso in 1'' dalla circonferenza dei perni con

$$2^m,63 \times \frac{0^m,118}{9^m,10} = 0^m,0341;$$

in conseguenza la quantità di lavoro consumata dall' attrito dei perni onde si tratta in 1'', sarà

$$2118^{ch},4 \times 0^m,0341 = 72^{chm},2$$

ovvero un cavallo — vapore ad un bel circa.

Esempio terzo. Diffinire il lavoro speso in 1'' dai perni di ferro fuso della ruota idraulica del laminatoio di Framont, il cui raggio esterno è di $4^m,57$ e che agira sovra spreggi di bronzo spalmati di sevo.

La quantità di lavoro trasmessa alla circonferenza . . . . $= 4500^{chm}$

La resistenza opposta dal primo rocchetto contra lo sforzo verticale esercitato dall'ingranaggio, ha luogo di basso in alto, e pareggia . . . . 2930^{ch}

Il peso dell'acqua contenuto nelle cassette è uguale a circa . . . . 5500^{ch}

Il peso del motore idraulico e del suo accessorio 86687^{ch}

La velocità della circonferenza della ruota. . . . $2^m,30$
Il raggio dei perni. . . . . $0^m,21$.
La pressione su' perni sarà

$$86687^{chil} + 5500^{chil} - 2930^{chil} = 89257^{chil};$$

e l'attrito dei perni spalmati di sevo

$$0,08 \times 89257^{chil} = 7140^{chil};$$

il cammino percorso dalla circonferenza del perno sarà . . . . $= 2^m,30 \times \frac{0^m,21}{4^m,57} = 0^m,106;$

per la qual cosa la quantità di lavoro spesa dall'attrito di detti perni in 1″ riescirà di

$$7140^{chil} \times 0^m,106 = 756^{chm},8 = 10^{cav},25.$$

230. Quantita' di lavoro spesa nell'attrito dei perni. *Si moltiplichi la pressione N pel rapporto f dell' attrito ad essa pressione* (specchio del n.° 225), *ed otterremo lo attrito*;

Si moltiplichi il risultamento fN pei $\frac{2}{3}$ della circonferenza esterna della base del pernio, o per 4,19r;

Il prodotto 4,19fNr sarà il lavoro consumato ad ogni giro dall'attrito del pernio.

Onde ottenere il lavoro speso in ogni secondo, si moltiplichi un tal prodotto pel numero n di giri eseguiti in 1″:

Il prodotto 4,19nfNr additerà il chiesto lavoro.

Esempio. Qual'è la quantità di lavoro spesa in 1″ dall'attrito del pernio di un albero verticale soggetto ad una pressione di 3400^{chil}, facendo 18 giri in 1′, il cui raggio in acciaio sur una ralla di bronzo sia di 0^m, 03?

La regola dianzi addotta dà per siffatta quantità di lavoro in 1″,

$$4,19 \times 0,07 \times 3400^{chil} \times 0^m,03 = 29^{chm},92.$$

231. DEL COME SI DETERMINI LA PRESSIONE ESERCITATA SUR UN ASSE DI ROTAZIONE. Per diffinire la pressione che si esercita sur un asse o sovra un pernio, si affacciano vari casi meritevoli di esame.

1.° *Se tutte le forze operano verticalmente* (fig. 46), *aggiungasi il peso* M *dell'albero e de' suoi arredi alle forze* P *che operano di alto in basso; a tal somma si aggiunga inoltre o da essa si sottragga l'insieme delle forze* Q *operanti di alto in basso o viceversa: il risultamento od il residuo dinoterà la chiesta pressione.*

Rispetto alle ruote idrauliche, potremo nel maggior numero dei casi trascurare il peso dell'acqua ch'esse contengono per rapporto a quello del motore, e porre a calcolo lo sforzo P ch'esse trasmettono alla loro circonferenza, non che la resistenza che sperimentano contra il primo ingranaggio.

2.° *Se vi ha più forze verticali ed orizzontali, facciansi separatamente le somme* A e B *di ciascuno di tai gruppi di forze, comprendendovi il peso degli alberi e dei loro attrezzi* (fig. 47);

Sapremo quasi sempre con anticipazione qual sia la maggiore delle due somme. In allora si aggiungano i 0,96 *della maggiore ai* 0,4 *della minore, ed otterremo la chiesta pressione* N *prossima alla vera per meno di* $\frac{1}{25}$ *circa.*

Se s'ignora qual sia la più grande delle due somme, si aggiunga l'una all'altra e del totale si prendano i 0,83. *Otterremo così la chiesta pressione* N *prossima alla vera per poco men di* $\frac{1}{6}$.

La dichiarata approssimazione è quasi sempre da reputare come soddisfacente.

3.° *Se vi ha forze la cui dirittura sia inclinata, si scindano esse in senso verticale ed in senso orizzontale, e si operi sulle somme delle componenti come nel caso che precede.*

4.° *Qualora, in seguito della direzione e della intensità delle forze, un dei cardini fosse premuto di alto in basso sul suo guancialetto, e l' altro di giù in su, si calcoli separatamente la pressione sopra ciascun di essi a norma dei precetti testè riferiti.*

Di rado si affaccia un tal caso, e vuolsene possibilmente scansar l'incontro in fatto di costruzioni.

RESISTENZA DEI MATERIALI.

Formole pratiche.

FORMOLE E PRECETTI PER DETERMINARE LE DIMENSIONI DELLE DIVERSE PARTI DELLE MACCHINE.

Abbiam raccolto negli specchi e nelle formole che ci facciamo ad esporre i risultamenti dell' esperienza diretta e della pratica, col cui soccorso saremo in grado di calcolare le dimensioni delle primordiali parti delle opere e delle macchine.

E simiglianti formole sono appunto quelle che deduconsi dalla teorica della resistenza dei materiali; ma nella scelta dei coefficienti numerici relativi alla frattura abbiamo preso a scorta le peculiari considerazioni dell'uffizio cui ciascun pezzo vien destinato, non che il confronto delle dimensioni dai più abili ingegneri adottate nelle opere le quali in un congiungono solidità e leggerezza.

Gli esempli che servono di applicazione alle formole, additeranno che le risultanze le quali ne discendono, coincidono

in tutt' i casi, in una soddisfacente approssimazione, con le proporzioni dalla sperienza consentite.

Solidi soggettati alla compressione, come le colonne, i pilastri, le palafitte, i puntelli, e simili.

232. Quantita' di chilogrammi di cui può caricarsi con sicurezza ogni centimetro quadrato della sezione trasversale.

INDICAZIONE DEI CORPI	RAPPORTO DELLA LUNGHEZZA alla minore dimensione.				
	al disotto di 12.	12	24	48	60
	chil	chil	chil	chil	chil
Quercia forte	30,0	25,0	15,0	5,0	2,5
Quercia debole	19,0	8,4	5,6	»	»
Abete giallo o rosso	37,5	31,0	18,7	7,5	»
Abete bianco	9,7	8,2	4,9	»	»
Ferro battuto	1000,0	835,0	500,0	167,0	84,0
Ferro fuso	2000,0	1670,0	1000,0	333,0	167,0
Basalte	200,0	»	»	»	»
Granito duro	70,0	»	»	»	»
Granit' ordinario	40,0	»	»	»	»
Marmo duro	100,0	»	»	»	»
Marmo bianco venato	30,0	»	»	»	»
Grès duro	90,0	»	»	»	»
Grès tenero	0,4	»	»	»	»
Mattone durissimo	12,0	»	»	»	»
Mattone ordiuario	4,0	»	»	»	»
Pietra calcarea durissima	50,0	»	»	»	»
Pietra calcarea ordinaria	30,9	»	»	»	»
*Lamburde** di qualità inferiore	2,3	»	»	»	»
Gesso	6,0	»	»	»	»
Smalto *idraulico* di buona qualità, di 18 mesi	4,0	»	»	»	»
Cemento ordinario di 18 mesi	2,5	»	»	»	»

* Sorta di pietra forte. Trad.

Esempio primo. Debbasi piantare una massa del peso di 15000000^{chil} sopra palafitte, i cui singoli membri consistono di quercia forte del diametro di 0^{m},30 e lunghi 3^{m},60; domandasi in che numero debbono tai membri impiegarsi per offrire la debita resistenza.

I pali essendo lateralmente sostenuti dal suolo circostante, posson caricarsi di 30^{chil} almeno per centimetro quadrato, e quindi ciascun di essi potrà reggere al peso di

$$\frac{(30)^2}{1,273} \times 30^{chil} = 21210^{chil}.$$

Occorreranno quindi $\frac{15000000}{21210} = 710$ pali circa, i quali verranno distribuiti in guisa da sostener possibilmente in parti eguali il carico complessivo.

Esempio secondo. La stessa opera vuol ergersi sur un basamento di buono smalto idraulico; qual sarà la superficie del sodo che dovrà impiantarsi su quella muratura?

Secondo lo specchio dianzi esposto, avremo

$$\frac{15000000}{40000} = 375^{mq},$$

ammettendo che la carica venga uniformemente distribuita.

Laddove ciò non avvenisse, eseguiremo un apposito calcolo per ciascuna parte della mentovata fondazione idraulica, a seconda del carico cui regger dovrebbe.

Nota. Nell'addotto esempio non abbiam posto mente alla compressibilità del terreno che di frequente si vuol prendere in esame nel determinare la superficie del rammentato sodo.

Solidi soggetti ad uno sforzo di traimento longitudinale.

233. QUANTITA' DI CHILOGRAMMI DI CUI PUÒ CON SICUREZZA CARICARSI OGNI CENTIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE TRASVERSALE.

INDICAZIONE DEI CORPI.	TRAIMENTO longitudinale.
Quercia forte	196 ch
Quercia debole	140
* Abete	167
Frassino	240
Faggio	160
Bosso	280
Pero	138
Pioppo	25
Ferro battuto di piccioli saggi, ferro filato di prima qualità.	1000
Ferro battuto di ordinarie dimensioni	650
Ferro battuto di 0m, 06 di lato in poi	400
Grossa latta nel senso in cui è stato ridotto in lamine	700
Grossa latta nel senso perpendicolare a quello in cui fu ridotto in lamina	600
Catena ordinaria di ferro	2000
Catena da gomene	3000
Ferro fuso grigio (ove non sia esposto ad urti)	750
Bronzo da cannoni	125
Rame battuto	123
Rame fuso	66
Rame giallo fino	62
Stagno fuso	16
Piombo fuso	6
Corda secca di canape	125
Corda bagnata	82
Fune incatramata	95
Correggia di cuoio nero	25
Mattone durissimo	2
Pietra calcarea	6
Gesso	0,40
Smalto idraulico di buona qualità di 18 mesi	0,90
Cemento ordinario di 18 mesi	0,30

* L'adesione laterale delle fibre dell'abete o lo sforzo necessario per fare scorrere le fibre le une sulle altre è di 41ch.5 per centimetro quadrato; in questo senso non debbono caricarsi con più di otto chilogrammi.

Esempio primo. Un tirante di legno quercia ad uso di tromba, sollevar debbe una carica di 7000 chilogrammi; rinveniamo il lato della sua sezion quadrata.

Secondo lo specchio che precede, otterremo

$$\frac{7000}{196} = 55,^{centq}7;$$

il perchè il lato della sezione agguaglierà $0^m,06$ circa.

Esempio secondo. Una catena ordinaria dee subire una tensione di 1500^{chil}; qual sarà il diametro del ferro tondo di cui vuolsi costruire?

Il chiesto diametro sarà

$$d = \sqrt{\frac{1500}{2000 \times 0,7854}} = 0^{cent},98 \text{ circa.}$$

Esempio terzo. Una correggia di cuoio nero $0^m,003$ grossa, dee trasmettere uno sforzo di 125^{chil}; qual sarà la larghezza che le compete?

In seguela dello specchio dianzi, riconosceremo dover siffatta larghezza essere di

$$\frac{125}{25 \times 0^{cent},3} = 16,65 \text{ centimetri.}$$

234. Sforzo necessario per diveller le viti da legname. Le viti da legname, lunghe $0^m,050$, del diametro incluse le spire, di $0^m,0056$, senza di esse, di $0^m,0028$, e introdotte insino alla dodicesima spira in tavole grosse $0^m,027$, posson venire caricate sicuramente, se trattasi di

Abete, con	33^{ch}
Quercia, con.	68
Frassino secco, con	71
Olmo, con.	59

Solidi soggetti a sforzi d'incurvamento trasversale in direzione perpendicolare alla loro grossezza.

235. Nel calcolo delle dimensioni assegnabili ai solidi esposti ad incurvature trasversali, convien distinguere il caso in cui possono i corpi senza inconveniente subire sotto il carico una certa inflessione, da quello in cui la medesima si limita ad una quantità sommamente tenue.

Le travi, i puntelli delle ordinarie costrutture, comprendonsi nel primo caso.

Gli alberi delle ruote idrauliche o di quelli d'ingranaggio, i cardini e simili, vanno inclusi nel secondo, ed i coefficienti numerici da impiegare vengono scelti nel debito rapporto.

236. Solidi incastrati in una delle loro estremità. Nelle formole che seguono, noi contrassegneremo con

P lo sforzo esercitato sul corpo perpendicolarmente alla sua lunghezza,

c la lunghezza della parte non incastrata sino al punto in cui agisce lo sforzo P od il suo braccio di leva,

p il peso del metro corrente del solido in chilogrammi,

a la larghezza del solido in senso perpendicolare al piano che passa per l'asse longitudinale del corpo e per la direzione dello sforzo P,

b lo spessore del solido nel senso dello sforzo P,

d il diametro del solido, ove trattisi di corpi rotondi o cilindrici.

I pesi o pressioni saranno espressi in chilogrammi, le dimensioni lineari in metri.

237. Solido prismatico incastrato in una delle sue estremità nel caso in cui si tenga ragione del peso di esso solido. Verremo determinando le dimensioni trasversali col soccorso delle formole seguenti,

rispetto al ferro fuso . . . . $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)c}{1250000}$,

rispetto al ferro battuto . . . . $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)c}{1000000}$,

rispetto al legno di quercia o di abete * $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)c}{100000}$,

338. Nel caso che trascurar si possa il peso del solido. Sempre che possiam trascurare il peso del solido valgono le formole,

Rispetto al ferro fuso. . . . . $ab^2 = \frac{Pc}{1250000}$,

Rispetto al ferro battuto . . . . $ab^2 = \frac{Pc}{1000000}$,

Rispetto al legno di quercia o di abete. . $ab^2 = \frac{Pc}{100000}$.

239. Quando il carico sia uniformemente distribuito. Se il carico trovasi uniformemente distribuito sulla lunghezza del corpo, noi lo aggiungeremo al peso proprio del solido, e denominando del pari con p il carico per ogni metro corrente, useremo le formole,

rispetto al ferro fuso . . . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{2500000}$,

Rispetto al ferro battuto. . . . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{2000000}$,

* Prescindiamo dall'offrire la traduzione in linguaggio ordinario delle formole contenute in questo capitolo, essendo esse sufficientemente semplici per potersene comprendere il valore alla prima lettura.

Rispetto al legno di quercia o di abete . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{200000}$.

Nota. Osserveremo che le formole precedenti dànno nei pezzi di ferro battuto dimensioni più forti, di quel che dieno pei pezzi di ferro fuso; ma non ostante la flessibilità dei primi, dovranno essi costantemente preferirsi ai secondi ove i pezzi vengano esposti ad urti.

240. **Relazione tra la larghezza e lo spessore.** Nelle applicazioni diverse siamo in grado di stabilire a priori un rapporto tra la larghezza e lo spessore del solido.

In ordine ai membri di legno per lavori da carpentiere, l'esperienza dimostra che tra la larghezza e lo spessore fa d'uopo stabilire il rapporto di 5 a 7; sì che abbiasi $a = \frac{5}{7}\, b$, e di conseguito, la formola esprimente l'altezza di simile membro incastrato in una delle sue estremità e caricato nell'altro,

$$b^3 = \frac{Pc}{71429}.$$

Esempio. Quali esser denno le dimensioni in alto e in largo di un legno incastrato in un de'suoi capi e soggettato nell'altro ad un carico di 750^{chil} situato a $1^m,75$ dal punto di appoggio?

La formola or ora dichiarata porge

$$b^3 = \frac{750 \times 1,75}{71428} = 0,0184,\ b = 0^m,164,\ \text{ed}\ a = 0^m,189.$$

Sebbene la proporzione precedente sia la più atta allo scopo, nondimeno l'economia impegna a segare in due i legni destinati alle costruzioni diverse. In tal'emergenza, nella formola del n.° 238, $a = \frac{1}{2}\, b$, e risulta

$$b^3 = \frac{Pc}{50000}.$$

241. Osservazione generale relativa al peso proprio dei solidi. Si noterà ove si voglia tener ragione del peso proprio del solido le cui dimensioni ci sieno ignote, che innanzi tratto convien determinare esse dimensioni trascurando il peso del solido, ed indi diffinire approssimativamente esso peso secondo questa prima indagine, ed aggiugnere la metà del rammentato peso approssimativo al dato carico, affin di calcolare nuovi valori delle dimensioni, le quali riesciranno allora bastevolmente esatte.

In conseguenza di una tale osservazione applicabile del pari a tutte le emergenze in cui il peso proprio del corpo od un carico uniformemente distribuito sulla sua lunghezza influir possa notabilmente sulla sua resistenza, noi ci limiteremo in appresso a tener soltanto ragione del carico esterno P.

242. Quando la sezione trasversale del corpo sia un quadrato. Qualora la sezione trasversale si trovi di essere un quadrato, avverasi $a = b$, e le riferite formole si trasmutano nelle altre

rispetto al ferro fuso. . . . . $b^3 = \frac{Pc}{1250000}$,

rispetto al ferro battuto . . . . $b^3 = \frac{Pc}{1000000}$,

rispetto al legno di quercia o di abete $b^3 = \frac{Pc}{100000}$.

Esempio. Diffinire la riquadratura di un legno incastrato in un de' suoi capi e caricato nell'altro con un peso di 2000 chilogrammi, essendo la distanza tra questo e il punto di appoggio $c = 1^m,50$.

Risulta dalla formola

$$b^3 = \frac{2000 \times 1,50}{100000} = 0,030,$$

donde

$$b = 0\ ,311.$$

243. Del se la sezione trasversale presenti un cerchio. Quante volte il corpo solido sia un cilindro a base circolare, otterremo

rispetto al ferro fuso. . . . . $d^3 = \frac{Pc}{736250}$,

rispetto al ferro battuto. . . . . $d^3 = \frac{Pc}{589050}$,

rispetto al legno quercia . . . . $d^3 = \frac{Pc}{58905}$.

Esempio. Qual sarà il diametro di un perno di ferro esposto ad uno sforzo di 600 chilogrammi esercitato perpendicolarmente alla sua direzione, alla distanza di $0^m,06$ dal punto di appoggio ?

Si ha dalla formola

$$d^3 = \frac{600 \times 0,06}{589050} = 0,0000612,$$

dalla quale

$$d = 0^m,0394.$$

244. Formola riferibile a' cardini delle ruote idrauliche. Quanto ai cardini delle ruote idrauliche i quali non debbono sperimentare veruno incurvamento sensibile, trovansi essi esposti ad essere annaffiati e corrosi dall' attrito della sabbia fina che l'acqua seco travolge, e vengon per solito costrutti di ferro fuso. Faremo rispetto ad essi

$$d^3 = \frac{Pc}{368125},$$

osservando che codesta formola assegna ai cardini una forza doppia di quella che corrisponde all'altra del numero precedente.

Col fine di diminuire per quanto è possibile la lunghezza servibile dei cardini, si è in uso di fare $c = d$.

Esempio primo. La ruota di Guebwiller (n°. 96) pesa 25000^{chil}, e può ella contenere 5^{mc},500 di acqua. Quindi la carica totale su i due suoi cardini riesce di 30500^{chil}, sopportando ciascuno di essi, 15250 chilogrammi. La lunghezza dei cardini pareggia il loro diametro.

Dalla rammentata formola risulta $d = 0^m,204$; ma il costruttore inglese ha fatto $d = 0^m,236$. Questo motore idraulico cammina da 9 a 10 anni.

Esempio secondo. La ruota della filanda del Logelbach presso Colmar pesa 44000^{chil}, reggendo ogni cardine alla metà di esso in 22000^{chil}.

Abbiamo $c = d$,
per lo che s'inferisce dalla formola

$$d = 0^m,244.$$

Il costruttore fece

$$d = 0^m,216.$$

Cotesta ruota compie al suo uffizio da undici anni in quà.

245. Cardini degli alberi esposti a commozioni. La formola stessa servirà pei cardini degli alberi soggetti a scosse, come quelli dei martelli, dei pestoni, e simili.

246. Cardini degli alberi bene unti di grasso. Quanto agli alberi che fanno comunicare il moto e che trovansi debitamente unti e si consumano meno di quelli delle ruote idrauliche, noi ci varremo delle formole del n.° 243, le quali facendo $c = d$, divengono

in ordine al ferro fuso . . . . $d^2 = \dfrac{Pc}{736250}$,

in ordine al ferro battuto . . . . $d^2 = \dfrac{P}{589050}$.

Esempio. Qual sarà il diametro di un cardine di ferro de-

bitamente unto e che regger debbe alla pressione di 800 chilogrammi?

Si ha dalla formola

$$d^3 = \frac{800}{589050} = 0{,}00136,$$

donde

$$d = 0^m{,}0368.$$

247. Assi dei veicoli. Il bisogno di diminuire per quanto è possibile il lavoro consumato dall'attrito degli assi dei veicoli, ha dato luogo ad adottar le formole che seguono, le quali porgono dimensioni men forti delle precedenti.

Asse di ferro . . . . $d^3 = \frac{Pc}{700000}$.

Osserveremo che s'impiega negli assi il ferro di prima qualità.

Lo specchio qui appresso delle dimensioni adottate dai primi costruttori di veicoli in Inghilterra addita, che l'addotta formola riproduce con la possibile esattezza le dimensioni desunte da una lunga sperienza.

SPECIE DI VEICOLI.	NUMERO di ruote.	CARICO sopra ciascun asse.	LUNGHEZZA degli assi.	DIAMETRI del capo più grosso.	DIAMETRI del capo minore.	DIAMETRO del capo maggiore desunto dalla formola.
		chil	m			
Tilbury..	2	104,5	0,30	3,8	3,2	3,6
Cabriolet	2	296,0	0,23	4.1	3.5	4,6
Brisca	4	235,0	0,20	4,1	3.5	4,1
Carro-a-banco	4	248.0	0,23	4,5	3,8	4,5
Landò	4	400,0	0,23	5,1	3.8	5,3
Diligenza	4	382,0	0,28	5,7	4,1	5,6
Carretta	2	569.0	0,29	6.4	3,4	6,3
Waggon	4	1015.0	0.33	7.6	6,4	7,8
Altra carretta	4	1420,0	0,33	8.6	6,9	8,4

Il carico totale delle generali diligenze-procaccio di Francia di rado sorpassa 5000^{chil}. Vien esso composto del peso del veicolo, senza le ruote, di circa 2000^{chil}, di quello di 18 viaggiatori che coacervatamente si ragguaglia a 1200^{chil}, e dell'altro delle mercatanzie che in complesso stimiamo di 1800^{chil}.

I due primi numeri vengon ripartiti presso a poco simmetricamente su'quattro assi, di cui quelli di dietro portano circa i $^3/_4$ della terza rubrica. Quindi si ha per ciascun degli assi di dietro . . . . $P = 1475^{chil}$
e di quelli d'innanzi . . . . $P = 1025$.

La lunghezza comune di tali assi . . . . . $c = 0^m,277$;
e la formola dianzi dà per gli assi di dietro

$$d = \sqrt[3]{\frac{1475 \times 0,277}{700000}} = 0^m,0836,$$

e per gli assi di avanti

$$d = \sqrt[3]{\frac{1025 \times 0,277}{700000}} = 0^m,0809.$$

Nei magazzini in cui si costruiscono le rammentate diligenze-procaccio si assegnano rispettivamente a codesti assi, diametri eguali a $0^m,068$ e $0^m,063$. Donde si scorge, che la regola testè riferita offre dimensioni maggiori del bisogno.

248. Dei solidi di eguale resistenza incastrati per un dei loro capi. Affin di menomare il peso dei membri di sostegno, possiam dar loro in senso longitudinale la forma di un solido parabolico che abbia una resistenza identica in un punto qualunque della sua lunghezza.

Il profilo longitudinale del corpo è d'ordinario quello di una semi-parabola, il cui asse costituisca il di sopra od il di sotto del corpo, ovvero un'intera parabola.

L'altezza e la larghezza del solido nella parte incastrata si determinano eziandio con le formole dei n[i] 237 e seg., e conosciute siffatte dimensioni di cui una è arbitraria, determineremo il profilo del solido o la parobola mediante l'equazione

$$y^2 = \frac{b^2}{c} x,$$

in dove

x rappresenta le ascisse della curva del solido, a partire dal punto in cui opera il carico,

y le ordinate corrispondenti, in senso perpendicolare alla sua lunghezza.

La rammentata equazione manoduce alla regola

Che per determinare la curva parabolica secondo cui dee foggiarsi un solido di egual resistenza,

Convien calcolare da prima con le regole dei n[i]. 237 *e seguenti l' altezza del solido nel sito incastrato, se ne sia data la dimensione in largo, o la sua lunghezza, ove se ne prestabilisca lo spessore;*

Ciò eseguito, adattare in senso longitudinale, partendo dal capo esterno, delle ascisse o distanze eguali; elevare alla estremità di ciascuna di tale ascisse sulla lunghezza del corpo di cui si tratta, le rispettive perpendicolari eguali ciascuna alla radice quadrata del quarto proporzionale in ordine alla lunghezza del solido, all' ascissa corrispondente, ed al quadrato dell' altezza nel sito di appoggio.

Se il solido abbia la forma di una semi-parabola, le ordinate y si misurano dall' asse di essa parabola in dove son segnate le ascisse, sino al perimetro della curva (fig. 48 e 49). Laddove presenti poi la forma di una parabola intera, le ordinate si misurano da un ramo all'altro della curva (fig. 50).

Cotesta forma particolarmente si addice alle mensole caricate nelle loro estremità, o destinate a reggere sotto il peso de' balconi, e simili.

249. Solidi incastrati in uno dei loro capi e rinforzati da rilievi o risalti. Semprechè il solido incastrato in un dei suoi capi assuma la forma della fig. 51, la formola che contiene tutti i dati delle dimensioni e dello sforzo cui dee reggere, sarà pei pezzi di ferro fuso

$$Pc = 2500000 \times \frac{az^3 - (a - a')(z - b)^3 + a'(b' + b - z)^3}{b + b' - z},$$

nella quale

$$z = \frac{1}{2} \frac{ab^2 + a'b'^2 + 2a'bb'}{ab + a'b'}$$

Adottando le proporzioni

$$a' = b = \frac{1}{5}a, \quad \text{e} \quad b' = a,$$

avremo

$$z = \frac{2}{5}a;$$

e la formola valida a far determinare il valore di a è

$$a^3 = \frac{Pc}{420000}.$$

Ammettendo poi le proporzioni

$$a' = b = \frac{1}{5}a, \quad \text{e} \quad b' = \frac{1}{2}a,$$

risulterà

$$z = \frac{1}{5}a.$$

La formola adatta a far calcolare il valore di a è

$$a^3 = \frac{Pc}{247500}.$$

Esempio. Quanto sarà largo un pezzo di ferro fuso destinato a reggere in un suo capo ad un peso di 600^{chil}, distante $0^m,80$ dal punto di appoggio, avverandosi a priori le condizioni

$$a' = b = \frac{1}{5}a, \quad \text{e} \quad b' = a?$$

La formola porge

$$a^3 = \frac{600^{chil} \times 0^m,80}{420000} = 0,000115,$$

donde $a = b' = 0^m,104$, $b = a' = 0^m,0208$.

250. Forma delle mensole, dei modiglioni, e simili. Il profilo che particolarmente si addice alle mensole, ai modiglioni, e simili, soventi coincide in senso longitudinale con la figura mediante parabolica, la cui curvità si determina la regola del n.° 248.

Calcoleremo in allora le dimensioni del profilo nella parte incastrata, assegnando alla faccia superiore uno spessore ed una dimensione in largo, identici, per tutta la lunghezza, e dando alla parte rilevata un profilo parabolico in senso longitudinale.

Conseguiremo esso profilo la mercè della relazione

$$y^2 = \frac{b'^2}{c} x$$

del n.° 248.

Esempio. Diffinire le dimensioni ed il profilo longitudinale di una mensola di ferro fuso nelle proporzioni dell' esempio precedente, ammesso che debba sopportare nel suo estremo un peso di 800^{chil} alla distanza di 1^m dalla parte incastrata.

Dalla regola del n.° 249 si ha primamente

$$a^3 = \frac{800^{chil} \times 1}{420000} = 0,0019,$$

donde

$$a = b' = 0^m,1239, \quad a' = b = 0^m,0248.$$

Indi l'equazione

$$y^2 = \frac{b'}{c} x = 0,0153\, x$$

della curvità del profilo longitudinale della parte rilevata, darà successivamente

Alla distanza dall'estremità di . . .	$0^m,05$	$0^m,10$	$0^m,20$	$0^m,30$	$0^m,40$	$0^m,60$	$0^m,80$	$1^m,00$
Le altezze	0,0277	0,03918	0,0554	0,0678	0,0784	0,0960	0,1108	0,1239

251. Altra forma in uso. Qualora il solido presenti la forma della figura 52, cade in acconcio la relazione

$$\frac{\mathrm{P}c}{1250000} = \frac{ab^3 - 2a'b'3}{b}.$$

Se si stabiliscono, a cagion d'esempio, a priori le relazioni

$$a' = \frac{1}{3}a, \qquad b' = 2a, \qquad b = 2{,}5a,$$

la formola diviene

$$a^3 = \frac{\mathrm{P}c}{302500}.$$

252. Bilanciere. Il profilo rappresentato nella fig. 53 è quello che dàssi ai bilancieri delle macchine a vapore, degli organi, delle trombe e simili, in dove l'altezza totale presa nel centro è per solito uguale a dodici volte lo spessore del corpo del bilanciere.

I rilievi di sopra e di sotto presentano una larghezza uguale ad $1/4$ dell'altezza del centro, od a tre volte lo spessore, ed hanno una grossezza pari a quella del bilanciere.

In tal caso avremo

$$a = \frac{1}{4}6, \qquad a' = \frac{1}{12}b, \qquad b' = \frac{5}{6}b,$$

e la formola testè addotta si trasmuta pei bilancieri

di ferro fuso in . . . . $b^3 = \dfrac{\mathrm{P}c}{191250}$,

di legno in. . . . . $b^3 = \dfrac{\mathrm{P}c}{15300}$.

Altre proporzioni in uso pei bilancieri delle macchine a vapore. Spesso ai bilancieri assegnasi un'altezza eguale a 16 volte lo spessore del corpo, nel qual caso si avverano ad un dipresso le proporzioni

$$a = \frac{1}{8}\,b, \qquad a' = \frac{1}{32}\,b, \qquad b' = \frac{7}{8}\,b;$$

ed essa formola riducesi allora in ordine ai bilancieri di ferro fuso a

$$b^3 = \frac{Pc}{130000}.$$

I costruttori inglesi applicando siffatta formola sembra che abbiano adottato l'espediente * di valutar lo sforzo P che si esercita all'estremità del bilanciere, il doppio di quello corrispondente alla pressione abituale del vapore nella caldaja.

Ancorchè la forma del profilo longitudinale (fig. 54) debba essere parabolica e determinarsi secondo la regola del n.° 248, usano pertanto di assegnare all'estremità un'altezza eguale al terzo di quella del centro, facendo passare pei punti così diffiniti, degli archi di cerchio o la curva di una riga flessibile, i quali valgano a contornare di sopra e di sotto il bilanciere.

Da ultimo, per riparare all'indebolimento prodotto dalla formazione dei forami nei quali vanno introdotti i perni che dànno assetto al parallelogrammo, si dispone al centro in senso dell' asse longitudinale un risalto dello stesso spessore dei precedenti, e da ambi i lati.

Esempio. Rinvenire le dimensioni del bilanciere di una macchina a bassa pressione, il cui cilindro presenti un diametro eguale a $0^m,90$, e lo stantuffo percorra lo spazio di $1^m,82$.

La lunghezza del bilanciere, n.° 188, sarà

$$3,0825 \times 1^m,82 = 5^m,610 = 2c;$$

quindi deriva $\qquad c = 2^m,805.$

* Trattato delle macchine a vapore, per Tredgold : pag. 400

Lo sforzo che grava lo stantuffo, ammesso che il vapore abbia una pressione di $1,25^{atm}$, debbe secondo la precedente osservazione valutarsi di

$$2 \times 12910 \times \frac{(2,90)^2}{1,273} = 16440^{chil};$$

quindi dalla formola testè riferita si ha

$$b^3 = \frac{16440 \times 2^m,805}{130000} = 0,3547,$$

donde $\qquad b = 0^m,708.$

L'esempio che addotto abbiamo ha relazione alla macchina a vapore della filanda di Logelbach costrutta dai sig[i]. Watt e Boulton, i quali han dato al bilanciere un'altezza eguale a $0^m,750$.

253. Del caso in cui il profilo venga corroborato da due rilievi. Tutte le volte che il profilo abbia la forma disegnata nella fig. 55, la formola applicabile ai pezzi di ferro fuso è

$$\frac{Pc}{1250000} = \frac{ab^3 + 2a'b'^3}{b};$$

e quando in una peculiare occasione fassi

$$2a' + a = b \qquad \text{e} \qquad b' = a,$$

essa trasmutasi nell' altra

$$\frac{Pc}{1250000} = \frac{ab^3 + ba^3 - a^4}{b};$$

e se facciasi di più

$$a = \tfrac{1}{5}\, b,$$

la formola riducesi a

$$b^3 = \frac{Pc}{258000}.$$

Qualora ammettiamo

$$a = \tfrac{1}{5}\, b = b' = a',$$

otterremo

$$b^3 = \frac{\mathrm{P}c}{254000}.$$

Che se non si fosse tenuto ragione dell'efficacia dei rilievi, se ne sarebbe inferito

$$b^3 = \frac{\mathrm{P}c}{250000};$$

il che dimostra che in questo caso i rilievi o risalti accrescono di poco la resistenza del pezzo nel senso della dimensione b.

Ma i pezzi di simil forma vengono abitualmente impiegati come sostegni orizzontali mobili intorno al loro asse di figura, o nella qualità di puntelli verticali, e destinati per conseguenza a resistere in ogni senso; e l' uso dei risalti stessi dà loro una grande rigidezza nella linea delle diagonali.

254. Braccia di ferro fuso nelle ruote idrauliche. Rispetto alle braccia o razzi di ferro fuso delle ruote idrauliche, la forma che n'esibisce la fig. 56 è la più opportuna; nel qual caso venendo lo sforzo esercitato dall'acqua sulla circonferenza della ruota diretto in senso dello spessore b, ed essendo sempre tenui i risalti, si limita ad un dipresso il loro effetto ad impedire l'incurvamento, ed a resistere in senso perpendicolare allo sforzo P. Calcoleremo le dimensioni del braccio mediante la formola

$$ab^2 = \frac{\mathrm{P}c}{1250000},$$

nella quale convenendo far $a = \frac{1}{6}\, b$, diviene essa

$$b^3 = \frac{\mathrm{P}c}{250000};$$

e se si faccia $a = \frac{1}{6} b$, ci prevarremo della formola

$$b^3 = \frac{Pc}{208000}.$$

Dalle quali cose ricavasi

Che convien moltiplicare lo sforzo cui ciascun braccio dee resistere per la sua totale lunghezza a noverar dal mozzo della ruota;

Dividere il prodotto per

$$250000 \text{ se } a = \tfrac{1}{5}\, b,$$

$$208000 \text{ se } a = \tfrac{1}{6}\, b;$$

La radice cubica del quoziente sarà lo spessore del braccio in senso dello sforzo che debbe sostenere.

255. Esempio. Ruota della cristalleria di Baccarat. La forza della ruota è al massimo (sperimenti citati sulle ruote idrauliche, p. 49) di 20 cavalli con la velocità ordinaria di $1^m{,}50$ alla circonferenza esterna della ruota in $1''$.

Il raggio esterno della ruota è . . . . $2^m{,}48$.
La lunghezza de' razzi è di . . . . $2^m{,}03$.
Vi ha quattro sistemi di razzi.
Quindi si ha

$$P = \tfrac{1}{4} \times \frac{20 \times 75}{1{,}50} \times \frac{2{,}48}{2{,}03} = 305^{chil.};$$

ed avvegnachè $a = \frac{1}{5} b$, otterremo

$$b^3 = \frac{305 \times 2{,}03}{250000} = \frac{619}{250000} = 0{,}00248,$$

$$\text{e} \qquad b = 0^m{,}135.$$

Il costruttore ha fatto

$$b = 0^m{,}114.$$

La ruota di cui abbiam favellato trovasi in esercizio fin da 16 a 18 anni.

256. **Proporzioni del rilievo dei razzi o braccia delle ruote idrauliche.** In ordine al rilievo, s'egli esiste dall' una e dall' altra parte del razzo, faremo

$$a' = 1,5a \quad \text{e} \quad b' = 0,66a.$$

Ove si ritrovasse da una sola banda, il che ben si addice in taluni casi, come nelle ruote a pale curve ed a secchie con le facce rivestite di lastre di ferro laminato o di ferro fuso, onde facilitar la circolazion di quelle nella gora, faremo

$$b' = 0,66a \quad \text{ed} \quad a' = 3a \text{ o } 4a.$$

Relativamente alle ruote idrauliche di gran larghezza le cui ale o secchie incurvandosi alquanto tender potrebbero a ravvicinare le facce o l' estremità dei razzi, converrà aumentare la spessezza del rilievo e farlo più risentito.

257. **I razzi esser possono men forti alla circonferenza.** Lo spessore b dei razzi determinato la mercè delle formole testè riferite è quello che lor si affà presso il mozzo o presso l'asse. Nel capo opposto o contiguo alla circonferenza della ruota, basterà che tale spessore in senso dello sforzo esercitato sia i $^4/_5$ di quello onde abbiam discorso.

Per ciò che risguarda alla larghezza a, resta essa identica in tutta la dimensione in lungo del razzo.

258. **Regole per determinare lo sforzo cui debbe reggere ogni razzo di una ruota idraulica.** Lo sforzo P nell'estremo del razzo è agevole a determinare ove si conosca la quantità del lavoro trasmesso alla circonferenza della ruota (vegg. il n.° 106). Ma è da osservare che se vi ha più sistemi di razzi per sostener la ruota, lo sforzo esercitato dall' acqua si distribuisce fra di essi ad un bel circa in parti eguali. Quindi ci faremo a dividere detto sforzo esercitato dall' acqua alla circonferenza della ruota pel numero di sistemi di razzi nella medesima esistenti, ed il quoto esibirà il valore della pressione P cui ciascun razzo, isolatamente considerato, fa d'uopo che regga.

259. Razzi delle ruote da incastro od ingranaggio. Rispetto ai razzi delle ruote da ingranaggio, noi seguiremo la stessa formola

$$ab^2 = \frac{Pc}{1250000},$$

trascurando l' effetto del risalto il quale è in allora molto esile, ed altro scopo non ha fuor quello d' impedire al razzo di piegarsi perpendicolarmente al piano della ruota.

Nella quale posizion di cose faremo $b = 5{,}5a$, ed a conseguir b varrà la formola

$$b = \frac{Pc}{230000}$$

Siffatta dimensione è quella che conviene al razzo dappresso al mozzo; in vêr l'anello della ruota riducesi a' $^4/_5$, rimanendo identica la larghezza a in tutta la dimensione in lungo del razzo.

Rispetto ad esso risalto, se lo si ripartisce egualmente da entrambi i lati del razzo presso all'anello che porta i denti, ei conguaglierà da entrambe le parti col lembo del rammentato anello, e faremo $a' = 0{,}5a$.

Che se il risalto esista da un solo lato del razzo, il che avviene nelle ruote angolari, esso conguaglierà pure col lembo dell'anello, e faremo del pari $a' = 0{,}5a$.

In ogni caso daremo al risalto presso al mozzo od all' asse una larghezza maggiore di $^1/_5$ relativamente a quella propinqua all'anello.

260. Esempio. Ruota da ingranaggio della filanda di Guebwiller. Sul primo albero che pone in moto tutta la filanda, la forza massima della ruota idraudica è di 49,4 cavalli sotto la velocità di $1^m{,}54$ alla circonferenza esterna. Il raggio del rocchetto interno pareggia $0^m{,}89$, quello della ruota da ingranaggio è di $2^m{,}63$; il perchè si ha in ordine a tale ruota

$$P = \frac{49{,}4 \times 75}{1{,}54} \times \frac{0{,}89}{2{,}63} = 814^{chil},$$

$$e \qquad b^2 = \frac{814 \times 2{,}03}{230000} = 0{,}093,$$

donde

$$b = 0^m{,}210 \quad \text{ed} \quad a = 0^m{,}038.$$

Il costruttore inglese ha fatto $b = 0^m{,}21$ ed $a = 0^m{,}047$.
Cotesta ruota è in esercizio fin da 9 a 10 anni.

261. Denti ad ingranaggio. Se chiamiamo

a la larghezza dei denti parallelemente all'asse della ruota,

b la loro spessezza misurata sulla circonferenza del cerchio primitivo,

S lo sporto sull'anello,

esprimendo in centimetri coteste dimensioni, stabiliremo in generale rispetto ai denti per solito unti ed il cui cerchio primitivo non abbia una velocità di $1^m{,}50$ per secondo, la relazione

$$a = 4b.$$

Se la velocità della circonferenza del cerchio primitivo sorpassi $1^m{,}50$ in $1''$, faremo . . . . . $a = 5b$

Se l'ingranaggio trovasi esposto ad essere abitualmente annaffiato di acqua, faremo . . . . . . $a = 6b$

Lo sporto dei denti sull'anello non dovrà mai sorpassare il limite . . . . $S = 1{,}5b$

Stabilite coteste relazioni, ci sarà fatta abilità di calcolare la spessezza dei denti alla circonferenza primitiva col soccorso delle formole

Rispetto al ferro fuso. . . . . $b = 0{,}105\sqrt{P}$

Rispetto al bronzo od al rame. . . . . . $b = 0{,}131\sqrt{P}$

Rispetto al legno duro come a quello del carpino, alla radice del pero, del sorbo, e simili . . . . $b = 0{,}145\sqrt{P}$

Il vacuo tra i denti delle ruote che sien ritagliate e ben eseguite, sarà eguale a

$$(1+\tfrac{1}{15})\,b=1{,}067b,$$

e delle ruote non ritagliate a

$$(1+\tfrac{1}{10})\,b=1{,}10b.$$

262. Anello e razzi delle ruote da ingranaggio. Per ciò che ragguarda le ruote a denti di ferro fuso, lo spessore dell'anello con cui fan corpo dovrà essere i $\frac{4}{5}$ di quello dei denti alla circonferenza primitiva, e converrà in allora rinforzare esso anello internamente, col soccorso di un risalto formato nel mezzo, il cui spessore ed aggetto pareggino quelli del l'anello stesso.

Quanto alle ruote a denti di legno, la larghezza dell'anello in cui si trovano incastrati vuole agguagliare quella dei denti, aumentata di una volta il loro spessore misurato sulla circonferenza primitiva. La grossezza poi del rammentato anello nel senso del raggio facciasi eguale a quella dei denti sur essa circonferenza primitiva.

La mortisa presenta nel senso della periferia una larghezza determinata dal prolungamento dei fianchi, ed il di lei profilo longitudinale secondo l'asse ha la forma di un trapezio la cui base, alla superficie esterna dell'anello, agguaglia la larghezza dei denti, ed alla superficie interna, pareggia siffatta larghezza menomata dello spessore dei denti preso sulla circonferenza primitiva.

Per ciò che concerne al numero dei razzi, assegnansi d'ordinario

alle ruote di $1^m,30$ e al di sotto	. . . .	4 razzi
idem di $1^m,30$ a $2^m,50$	. . . .	6 idem
idem di $2^m,50$ a $5^m,00$	. . . .	8 idem
idem di $5^m,00$ a $7^m,00$	. . . .	10 idem

Per le ruote molto leggiere che regger denno a deboli sfor-

zi, si aumenti il numero dei razzi onde l'anello nel raffreddarsi conservi la sua forma primitiva.

263. Osservazione generale intorno ai limiti infimi delle grossezze assegnabili. Nell'applicazione delle regole dei ni. 253 a 261 inclusivamente osserveremo, che per le ruote le quali sol trasmettono deboli sforzi e che in uno presentano molto grandi dimensioni, saremmo indotti a spessezze di metallo che al certo riescirebbero atte a resistere ai debiti sforzi ma che risulterebbon forse troppo sottili perchè potessimo attenderci una perfetta fusione. I limiti infimi di tali spessezze che in simili casi potrebbonsi adottare dipendentemente dalla natura del metallo che s'impiega e quindi le altre dimensioni che a tai pezzi convengonsi, non possono esser determinati dalla sola considerazione degli sforzi cui vanno soggetti.

264. Esempio primo. Ruota da ingranaggio a denti di ferro fuso adattata lateralmente alla ruota della filanda del Logelbach. La forza della ruota è di 25 cavalli sotto la velocità di $1^{m},30$ per secondo alla sua circonferenza; si ha quindi

$$P = \frac{25 \times 75}{1,30} = \frac{1875}{1,30} = 1443^{chil}.$$

La formola del n.° 261 porge

$$b = 4^{cent},02 \quad \text{ed} \quad a = 6b = 2^{cent},41,$$

essendo i denti annaffiati di acqua

Il costruttore inglese ha fatto

$$b = 3^{cent},7, \quad a = 2^{cent},60.$$

Siffatta ruota è in esercizio fin da 11 anni.

265. Esempio secondo. Ruota da ingranaggio della cristalleria di Baccarat. La forza dell'altra ruota cui trovasi essa adattata è tutto al più di 20 cavalli (veggansi i citati spe-

rimenti sulle ruote idrauliche pag. 49), sotto la velocità di $1^m,50$ in $1''$ alla sua circonferenza.

Il raggio n'è di $2^m,003$, e quello della ruota d'ingranaggio a denti di legno è di $1^m,815$; quindi avremo

$$P = \frac{20 \times 75,}{1,50} \times \frac{2,003}{1,815} = 1103^{chil}.$$

La formola offre

$$b = 4^{cent},8, \quad a = 4b = 1^{cent},92.$$

Il costruttore ha fatto

$$b = 4^{cent},8, \quad a = 1^{cent},95.$$

Ma in seguito ad un lungo esercizio sonosi i denti alquanto corrosi, sì che la loro spessezza si è ridotta a $4^{cent},1$, resistendo per altro tuttavia con buono effetto.

266. Esempio terzo. Ruota d'ingranaggio a denti di legno, della filanda di Guebwiller. Questa ruota trasmette una forza di 49,4 cavalli, ovvero 3700^{chm} sotto la velocità di $4^m,55$ alla circonferenza primitiva.

Lo sforzo esercitato in tale circonferenza è

$$\frac{3700^{chm}}{4.55} = 814^{chil}.$$

La formola porge

$$b = 4^{cent},14 \quad \text{ed} \quad a = 5b = 20^{cent},70.$$

Il costruttore ha fatto $b = 2^{cent},96$ ed $a = 20^{cent}$.

Codesto motore idraulico è in esercizio da un decennio in quà.

267. Solidi appoggiati liberamente su due sostegni, come travi, membri di rinforzo, e simili. Nelle formole che seguono contrassegneremo con

2P il carico o lo sforzo esercitato sul corpo perpendicolarmente alla sua lunghezza,

2c la distanza che intercede fra gli appoggi,

p, a, b e d serbano le significanze al n.° 236 additate.

268. **Solidi prismatici nel caso in cui si tenga ragione del peso del solido.** Determineremo le dimensioni trasversali col soccorso delle formole

pel ferro fuso. . . . . $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)}{1250000} c,$

pel ferro battuto. . . . . $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)}{1000000} c,$

pel legno di quercia e di abete. . $ab^2 = \frac{\left(P + \frac{pc}{2}\right)}{100000} c.$

269. **Del caso in cui sia lecito di trascurare il peso del solido.** Quante volte fossimo in facoltà di trascurare il peso del solido, impiegheremo le formole

pel ferro fuso. . . . . $ab^2 = \frac{Pc}{1250000},$

pel ferro battuto . . . . $ab^2 = \frac{Pc}{1000000},$

pel legno di quercia e di abete. . . . . $ab_2 = \frac{Pc}{100000}.$

Esempio. Qual sarà lo spessore di una trave appoggiata liberamente su due sostegni, e destinata a sopportare nel mezzo della sua lunghezza un carico di 3500 chilogrammi, essendo i sostegni discosti fra loro di metri 4?

Abbiamo

$$2P = 3500^{chil}, \qquad 2c = 4^m.$$

Se si supponga

$$a = \frac{5}{7} b,$$

la formola darà

$$b^3 = \frac{1750 \times 2}{71429} = 0{,}0489,$$

donde

$$b = 0^{m},366.$$

270. Del caso in cui venga il carico uniformemente distribuito. Laddove il carico si trovi uniformemente distribuito sulla lunghezza del corpo, si aggiungerà esso al peso proprio del solido, e chiamando come nel numero precedente p il carico relativo ad 1^{m} corrente, ci prevarremo delle formole

pel ferro fuso. . . . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{2500000}$,

pel ferro battuto. . . . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{2000000}$,

pel legno di quercia e di abete. . . . . . $ab^2 = \frac{Pc^2}{200000}$.

Nota. Qui cade in acconcio di rinnovare le osservazioni che per noi si fecero ai n^{i}. 240 e 241 sul rapporto che può a priori stabilirsi tra le dimensioni a e b dei corpi, ed il cammino da seguire per tener conto del peso del solido di cui si tratta.

Esempio. Diffinire lo spessore di un legno liberamente appoggiato su due sostegni distanti fra loro 6^{m}, cui si voglia gravare di un carico di 3000^{chil} per metro corrente.

Abbiamo

$$p = 3000, \quad 2c = 6^{m};$$

e se facciasi

$$a = \frac{5}{7}\,b,$$

la formola darà

$$b^3 = \frac{3000 \times 9}{142858} = 0,189,$$

donde

$$b = 0^{m},574.$$

271. **Del caso in cui la sezione trasversale sia un quadrato.** Qualora la sezione trasversale riesca un quadrato, farem valere le formole seguenti.

DISPONIMENTO del carico.	MATERIE onde si compone il solido.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	ferro fuso	$b^3 = \frac{Pc}{1250000}$.
	ferro battuto ...	$b^3 = \frac{Pc}{1000000}$.
	legno di quercia e di abete ...	$b^3 = \frac{Pc}{100000}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	ferro fuso	$b^3 = \frac{Pll'}{1250000c}$.
	ferro battuto...	$b^3 = \frac{Pll'}{1000000c}$.
	legno di quercia e di abete ...	$b^3 = \frac{Pll'}{100000c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	ferro fuso	$b^3 = \frac{Pl}{1250000}$.
	ferro battuto ...	$b^3 = \frac{Pl}{1000000}$.
	legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{Pl}{100000}$.
Veuendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto da' punti di appoggio per le quantità l ed l.	ferro fuso.	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{1250000}$.
	ferro battuto ...	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{1000000}$.
	legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{\;}\right)}{100000}$.

272. Del caso in cui la sezione trasversale sia un cerchio od un poligono regolare. In tale condizione di cose, impiegheremo le formole

DISPONIMENTO del carico.	MATERIE. onde si compone il solido.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pc}{736250}$.
	Ferro battuto ..	$d^3 = \frac{Pc}{589050}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pc}{58905}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pll'}{736250c}$.
	Ferro battuto ..	$d^3 = \frac{Pll'}{589050c}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pll'}{58905c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pl}{736250}$.
	Ferro battuto ..	$d^3 = \frac{Pl}{589050}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pl}{58905}$.
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{736250}$.
	Ferro battuto ..	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{589050}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{58905}$.

ESEMPI DEL N.° 271.

Esempio primo. Qual sarà il lato della riquadratura di un albero di ferro fuso lungo $2c = 1^m$, gravato di uno sforzo $2P = 750^{chil}$, il quale operi alle distanze $l = 0^m,40$, $l' = 0,60$?

La formola porge

$$b^3 = \frac{375 \times 0^m,4 \times 0^m,6}{1250000 \times 0^m,5} = 0,000144,$$

donde

$$b = 0^m,0524.$$

Esempio secondo. Rinvenire il lato della riquadratura di un legno lungo $2c = 4^m$, cui s'imponga un carico di $2P = 12000^{chil}$ egualmente distribuito in due punti, siti alla stessa distanza $l = 0^m,6$ dai sostegni.

Dalla formola risulta

$$b^3 = \frac{6000 \times 0,6}{100000} = 0,036,$$

donde

$$b = 0^m,330.$$

Esempio del n.° 272. Determinare il diametro di un albero di ferro battuto lungo $2c = 1^m,5$ che regga ad uno sforzo $2P = 360^{chil}$; il quale operi alle distanze $l = 0^m,70$, ed $l' = 0\ \ ,80$ dai punti di appoggio.

Si ha dalla formola

$$d^3 = \frac{180 \times 0,7 \times 0,8}{589050 \times 0,75} = 0,000228,$$

donde

$$d = 0^m,0611.$$

273. Alberi delle ruote idrauliche, delle ruote d'ingranaggio, dei volanti, e simili. Venendo alcuna volta gli assi di rotazione delle macchine esposti a comozioni, e spe-

rimentando essi lievissime inflessioni, giova adoperare le formole qui appresso dichiarate.

274. Alberi di sezione quadrata.

DISPONIMENTO del carico.	MATERIE onde si compone l' albero.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	Ferro fuso......	$b^3 = \frac{Pc}{625000}$.
	Ferro battuto..	$b^3 = \frac{Pc}{500000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{Pc}{50000}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	Ferro fuso......	$b^3 = \frac{Pll'}{625000c}$.
	Ferro battuto..	$b^3 = \frac{Pll'}{500000c}$.
	Legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{Pll'}{50000c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	Ferro fuso......	$b^3 = \frac{Pl}{625000}$.
	Ferro battuto..	$b^3 = \frac{Pl}{500000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{Pl}{50000}$.
Venendo il carico distribuito su una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	Ferro fuso......	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{625000}$.
	Ferro battuto..	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{500000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{50000}$.

274. Alberi di sezione circolare o poligona.

DISPONIMENTO del carico.	MATERIE onde si compone l'albero.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pc}{368000}$.
	Ferro battuto..	$d^3 = \frac{Pc}{295000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pc}{29500}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pll'}{368000c}$.
	Ferro battuto..	$d^3 = \frac{Pll'}{295000c}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pll'}{29500c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	Ferro fuso	$d^3 = \frac{Pl}{368000}$.
	Ferro battuto..	$d^3 = \frac{Pl}{259000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{Pl}{29500}$.
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	Ferro fuso.....	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{368000}$.
	Ferro battuto..	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{295000}$.
	Legno di quercia e di abete.	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{29500}$.

d è il diametro del cilindro o del cerchio inscritto al poligono.

Esempio primo. Si debba caricare nel suo mezzo un albero quadrato di ruota idraulica di ferro fuso con un peso di 4000 chilogrammi.

Essendo la lunghezza di 3^m, la formola porge

$$b^3 = \frac{2000 \times 1,50}{625000} = 0,0048 \quad \text{e} \quad b = 0^m,1685.$$

Se l'albero fosse cilindrico, avremmo

$$d^3 = \frac{2000 \times 1^m,50}{368000} = 0,00815, \quad \text{e} \quad d = 0^m,201.$$

Se lo stesso carico operasse in un punto allogato alle distanze $l = 2^m$, e $l' = 1^m$ dai punti di appoggio fra lor discosti per $2c = 3^m$, troveremmo rispetto all'albero cilindrico

$$d^3 = \frac{2000 \times 2 \times 1}{368000 \times 1,50} = 0,00723 \quad \text{e} \quad d = 0^m,1935.$$

Laddove quest'albero fosse di quercia e gravato nel suo mezzo, otterremmo

$$d = 0^m,392.$$

Se lo stesso carico si trovasse distribuito in parti eguali su due punti situati alla stessa distanza $l = 0^m,55$ dai punti di appoggio, ne risulterebbe per l'albero quadrato di ferro fuso

$$b^3 = \frac{2000 \times 0,55}{625000} = 0,00176 \quad \text{e} \quad b = 0^m,1205;$$

e per l'albero cilindrico della stessa materia

$$d^3 = \frac{2000 \times 0,55}{368000} = 0,00299 \quad \text{e} \quad d = 0^m,144.$$

Quante volte fosse il carico ripartito in tre punti sur una lunghezza $2c' = 1^m,20$, il cui mezzo si ritrovasse alle distanze $l = 1^m,10$, e $l' = 1^m,90$ dai punti di appoggio, otterremmo in ordine all'albero quadrato

$$b^3 = \frac{2000\left(\frac{1,10 \times 1,90}{1,50} - 0,30\right)}{625000} = 0,0035 \quad \text{e} \quad b = 1^m,152;$$

e per rapporto all'albero cilindrico.

$$d = \frac{2000\left(\frac{1,10 \times 1,90}{1,50} - 0,30\right)}{368000} = 0,00594 \quad \text{e} \quad d = 0^m,181.$$

Esempio secondo. Debba un'albero di ruota idraulica ad otto facce sopportare una ruota del peso di 15000 chilogrammi ripartiti sur un tratto lungo $2c' = 4^m,5$. La lunghezza totale ne sia $2c = 6^m,80$, ed il mezzo della parte caricata trovisi alle distanze $l = 3^m,25$ ed $l' = 3^m,55$ dagli appoggi.

Ove dett' albero debba esser di quercia, la formola darà

$$d = 0^m,832,$$

e se di ferro fuso

$$d = 0^m,358.$$

Esempio terzo. La ruota idraulica del mulino da sega di Baccarat pesa 13500 chilogrammi, il suo carico vien ripartito sur una lunghezza $2c' = 3^m,13$, il cui mezzo trovasi alle distanze $l = l' = 2^m,20$ da' sostegni fra lor discosti di $2c = 4^m,40$. L'albero consta di 8 facce.

Ricavasi dalla formola

$$d = 0^m,295,$$

mentre il costruttore ha fatto

$$d = 0^m,250.$$

Codesta ruota è in esercizio da circa 20 anni.

275. Del caso in cui la sezione presenti un nucleo quadrato cui rinforzano dei rilievi. Il tratto che intercede ai punti gravati dal carico è per solito di una dimensione minore di quella che si ravvisa in cotesti due punti; ma è desso rinforzato da rilievi.

In allora contrassegnando con
b il lato del quadrato,
b' la larghezza esterna dei rilievi, misurata da fuori a fuori,
e la spessezza di esse,
otterremo in grazia di codeste dimensioni e del carico di cui può gravarsi il solido che supponiamo di ferro fuso, la relazione seguente.

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	$\frac{b^4 + (b'^3 - b^3)e + (b' - b)e^3}{b'} = \frac{Pc}{1250000}$
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	$\frac{b^4 + (b^3 - b'^3)e + (b' - b)e^3}{b'} = \frac{Pll'}{1230000c}$
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$\frac{b4 + (b'3 - b3)e + (b' - b)e3}{b'} = \frac{Pc}{1250000}$
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$ il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le due quantità l ed l'.	$\frac{b4 + (b'^3 - b3)e + (b' - b)c3}{b'} = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{1230000}$

276. In qual modo le dimensioni debbono proporzionarsi fra loro. Trattandosi di determinare le dimensioni b, b' ed e, giova di precedentemente stabilire fra di essi qualche semplice relazione, come facendo, a cagion d'esempio;

$$b' = 3b, \quad e = \frac{1}{4}b;$$

dietro di che le formole or dianzi dichiarate trasmutansi rispetto al ferro fuso, nelle altre che qui appresso riportiamo

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	$b^3 = \frac{Pc}{4059000}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	$b^3 = \frac{Pll'}{4059000c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$b^3 = \frac{Pl}{4059000}$.
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	$b^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{4059000}$.

Esempio. Un albero quadrato di ferro fuso lungo metri 4, a rilievi proporzionati, come abbiam detto dianzi, debba reggere ad un carico di 10000 chilogrammi.

Se detto carico corrisponde nel punto medio della lunghezza, avremo

$$b^3 = \frac{5000 \times 2}{4059000} = 0{,}00246,$$

donde

$$b = 0^m{,}135, \quad e = 0^m{,}045, \quad b' = 0^m{,}405.$$

Quando il carico sia alle distanze $l = 1^m{,}50$ ed $l' = 2^m{,}50$ da' sostegni, rinverremo

$$b^3 = \frac{5000 \times \frac{1{,}50 \times 2{,}50}{2}}{4059000} = 0{,}00231,$$

donde

$$b = 0^{m},132,\ e = 0\ \ ,044,\quad b' = 0\ \ ,396.$$

Quante volte il carico fosse ripartito per metà su due punti allogati alla stessa distanza $l = 0^{m},60$ da' sostegni, avremo

$$b^3 = \frac{5000 \times 0,60}{4059000} = 0,000738,$$

donde

$$b = 0^{m},0903,\quad e = 0\ \ ,0301,\quad b' = 0\ \ ,2709.$$

Laddove poi il carico venga distribuito in quattro punti su di una lunghezza $2c' = 2^{m},80$, il cui punto medio trovasi alle distanze $l = 1^{m},95$ ed $l' = 2^{m},05$ dai sostegni, avremmo

$$b^3 = 5000\,\frac{\left(\dfrac{1,95 \times 2.05}{2} - 0,70\right)}{4059000} = 0,00160,$$

donde

$$b = 0^{m},117,\quad e = 0\ \ ,039,\quad b' = 0^{m},351.$$

Nota. Sebbene si fosse in questi esempî per noi supposto, che il carico adattar si possa nel punto medio della lunghezza o ripartirsi sopra più punti, giova di fare osservare che in generale gli alberi con rilievi vengono soltanto caricati su due punti ai quali intercedono tai risalti.

277. Del caso in cui la sezione presenti un nucleo cilindrico corroborato da rilievi. (fig. 58). In tal caso b esprime il diametro del nucleo; e serbando identiche le precedenti significanze, se ne ricaveranno le formole quì appresso.

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	$\frac{0,589b^4+(b'^3-b^3)e+(b'-b)e^3}{b'}=\frac{Pc}{1250000}.$
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	$\frac{0,589b^4+(b'^3-b^3)e+(b'-b)e^3}{b'}=\frac{Pll'}{125000c}.$
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$\frac{0,589b^4+(b'^3-b^3e+)b'-b)e^3}{b'}=\frac{Pl}{1250000}.$
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2\,c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	$\frac{0,589b^4+(b'^3-b^3)e+)b'-b)e^3}{b'}=\frac{P\left(\frac{ll'}{c}\;\frac{c'}{2}\right)}{1250000}.$

278. Proporzione ordinaria fra le dimensioni diverse. Se fra lo sporto e la spessezza dei rilievi, si stabiliscono le precedenti relazioni che quì cadono molto in acconcio

$b'=3b,\ e=\frac{1}{3}b,$ otterremo

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Agendo il carico nel punto medio della lunghezza.	$b^3 = \frac{Pll'}{3885000c}$.
Venendo il carico ripartito per metà dai punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$b_3 = \frac{Pl}{3885000}$.
Venendo il carico distribuito per una lunghezza $2c'$ il cui mezzo trovasi discosto dai punti di appoggio per la quantità l ed l'.	$b_3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{3885000}$.

Esempio. Albero della ruota della filanda dei sigg. Nschletmbergèr e compagni in Guebwiller. La ruota unitamente all'acqua che può contenere pesa 30500 chilogrammi; siffatto vien ripartito per metà in due punti situati alla stessa distanza $l = 0^m,65$ dai sostegni. Quindi otteniamo

$$P = 15250 \text{ chil}.$$

La formola porge $b = 0^m,1365$;
ed il costruttore inglese ha fatto $b = 0^m,1336$, ed i risalti serbano la proporzione dianzi dichiarata.

279. Osservazioni relative al tratto dell'albero sul quale eseguonsi le connessioni. Nell'applicar le formole che precedono osserveremo, che per la facilità delle connessioni, la parte sulla quale riposa il carico non può avere il profilo per noi additato nelle fig. 56 e 57, e giova in tutti questi casi adottarne uno quadrato, circolare, o poligono. (fig. 59).

Ne calcoleremo indi le dimensioni mediante le regole dei

n'. 273 o 274 riferibili a simili forme. Procederemo dappoi a porre essa forma in combinazione col nucleo e coi risalti onde abbiam pocanzi determinate le dimensioni, col mezzo di una parte piramidale o tronconica allungata, e di opportuni ritondamenti.

Esempio. La ruota idraulica di ferro del caso precedente pesa con l'acqua che contiene 30500 chilogrammi.

Il carico vien ripartito per metà su due punti alla stessa distanza $l = 0^m,65$ dal mezzo dei guancialetti.

L'albero è di ferro fuso, il tratto in dove si avvera la connessione dei pezzi è cilindrica, la porzione intermedia presenta un cilindro di minor diametro, corroborato da risalti.

Dalla formola ricavasi per la parte cilindrica suddetta $d = 0^m,299$.

Dal costruttore si fece $d = 0^m, 258$ soltanto, ma questo tratto dell' albero contiene quattro piccoli risalti per servire di freno all'armatura, il che contribuisce a rafforzare alquanto l'insieme. Il tratto di esso albero intermedio trà punti di sostegno è a rilievi proporzionali, nel modo che venne indicato al n.° 277.

280. Alberi cilindrici cavi di ferro fuso. Onde aumentare la resistenza ed il diametro esterno, si adoperano talvolta degli alberi cilindrici vacui di ferro fuso.

Contrassegnando con d esso diametro esterno, con d' il diametro interno, s'impiegheranno le formole qui appresso segnate .

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	$d^3 - d'^3 = \frac{Pc}{868000}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	$d^3 - d'^3 = \frac{Pll'}{368000c}$.
Operando il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$d^3 - d'^3 = \frac{Pl}{368000}$.
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	$d^3 - d'^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{368000}$.

281. Proporzione generalmente adottata nel caso di cui si tratta. È invalso l'uso di fare il diametro interno eguale ai $^3/_5$ del diametro esterno, il che rende lo spessore $^1/_5$ della lunghezza di quest' ultimo, ed allora le formole testè riferite si trasmutano nelle altre.

DISPONIMENTO del carico.	FORMOLE da far valere.
Operando il carico nel punto medio della lunghezza.	$d^3 = \frac{Pc}{288312}$.
Operando il carico alle distanze l ed l' dai punti di appoggio.	$d^3 = \frac{Pll'}{288312c}$.
Venendo il carico ripartito per metà in due punti equidistanti per una grandezza l dai punti di appoggio.	$d^3 = \frac{Pl}{288312}$.
Venendo il carico distribuito sur una lunghezza $2c'$, il cui punto medio trovasi discosto dai punti di appoggio per le quantità l ed l'.	$d^3 = \frac{P\left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2}\right)}{288312}$.

Esempio. Un albero della ruota di un maglio appartenente allo stabilimento di armi di Chatellerault vien gravato sur una lunghezza $2c' = 2^m$ del peso di una ruota $2P = 21017^{chil}$, ritrovandosi il punto medio del tratto caricato alle distanze $l = 1^m,55$, $l' = 2^m,06$ da' punti di sostegno; $2c = 3^m,61$.

Dalla formola ritraesi

$$d^3 = \frac{10508\left(\frac{1,55 \times 2.06}{1,805} - 0,50\right)}{288312} = 0,0462 \quad \text{e} \quad d = 0^m,358;$$

$$\text{e} \qquad d - d' = 0^m,0736.$$

282. Solidi incastrati in entrambi i loro capi. Sempre-chè un solido trovasi incastrato in ambi i suoi capi, la sua re-

sistenza cresce al doppio di quella che avverasi quando semplicemente riposa su due appoggi, e quindi ci prevarremo per tutte le varie forme additate ai n[i]. da 267 a 280 delle formole medesime, sostituendo solo a P od alla metà del carico, 2P od il carico intero.

283. Solidi soggetti a contorcersi. Gli alberi che trasmettono il moto negli opifici sono sovente esposti a rompersi per contorsione.

Calcoleremo le dimensioni che giova dar loro onde resistano allo sforzo di cui favellasi, la mercè delle formole quì appresso, delle quali additeremo con

P lo sforzo che tende a contorcere il corpo,
R i bracci di leva di esso sforzo,
b il lato del quadrato ove la sezione presenti una tal figura,
d il diametro del corpo ove sia esso cilindrico a sezione circolare, od il diametro del cerchio inscritto al poligono, quante volte il corpo offra una sezione di simile contorno.

FORMA della sezione trasversale.	NATURA del metallo.	FORMOLE da far valere.
Quadrata	Ferro fuso o ferro battuto	$b^3 = \frac{PR}{127000}$.
Circolare o poligona . . .	Ferro fuso o ferro battuto	$d^3 = \frac{PR}{403000}$.

Esempio. Diffinire il diametro di un albero cilindrico di ferro fuso atto a trasmettere una forza di 45 cavalli sotto la velocità di 50 giri in 1′ col mezzo di un ingranaggio che abbia un raggio di $0^m,70$.

Essendo la velocità alla circonferenza dell'ingranaggio eguale a

$$\frac{50}{60} \times 6{,}28 \times 0^m70 = 3^m{,}66,$$

sarà lo sforzo esercitato alla circonferenza di simile ruota

$$\frac{45 \times 75}{3,66} = 922^{chil}.$$

Si ha dalla formola

$$d^3 = \frac{922 \times 0,7}{405000} = 0,00614,$$

donde

$$d = 0^m,183.$$

L'albero di ferro fuso del turbine di Müllbach, provincia del Basso-Reno, costrutto per trasmettere una forza di 45 cavalli con la velocità di 50 giri in 1' e la mercè di un ingranaggio dell'additata grandezza, offre un diametro di $0^m,182$. Ed a malgrado che il suo cardine superiore presenti $0^m,162$; pure in alcuni saggi istituiti la ruota ha trasmessa una forza di 91 cavalli con la velocità di 66 giri in 1'; il che risponde ad uno sforzo di 1500 chilogrammi senz'alterazione di sorta.

284. Osservazione relativa agli alberi che trasmettono il moto. Volendo determinare le dimensioni di un albero da cui si trasmette il moto, converrà prevalerci delle formole che riflettono la resistenza alla rottura, ni. 273 e seguenti, non che di quella del numero precedente relativa alla contorsione, ed assumere per la quantità diffinitiva il maggiore fra'due risultamenti.

285. Solidi cilindrici di spessore uniforme soggetti a interne pressioni. Calcoleremo lo spessore assegnabile ai tubi di condotta dei gas e dell'acqua mediante le formole qui appresso, delle quali dinoteremo con

d il diametro interno in metri,

e lo spessore del metallo,

n il numero di atmosfere equivalenti alla pressione sur ogni metro quadrato.

Tubi di ferro fuso . . . . . . $e = 0{,}0007nd + 0^{m}{,}01$
— di ferro battuto . . . . . $e = 0{,}0005nd + 0{,}003$
— di piombo . . . . $e = 0{,}005nd + 0{,}0045$
— di legno . . . . $e = 0{,}833nd + 0{,}027$
— di pietre naturali . . . . $e = 0{,}05nd$
— di pietre artefatte . . . . $e = 0{,}10nd.$

È noto, n.° 186, che rispetto alle caldaie delle macchine a vapore soggette a deteriorarsi con l' azione della fiamma, si abbia a far valere in seguito di un'ordinanza reale, un' apposita formola per istabilire la spessezza di tai recipienti.

286. Resistenza di una sfera alla rottura. Allorchè si assoggetta una sfera vuota ad una interna pressione tendente a farla schiantare, se chiameremo

R il suo raggio esterno,
r il suo raggio interno,
e la spessezza della medesima eguale ad $R - r$,
p la pressione interna espressa in chilogrammi sur un centimetro quadrato,

Perverremo a diffinire lo sforzo capace di produrre l'additato effetto mediante le formole,

Rispetto al ferro fuso . . . . $p = 1300 \frac{R^2 - r^2}{r^2}$,

Rispetto alle piastre di ferro battuto. . $p = 4000 \frac{R^2 - r^2}{r^2}$,

Rispetto al rame rosso laminato . . . . $p = 2000 \frac{R^2 - r^2}{r^2}$.

Se lo spessore è al di sotto di $1/10$ del raggio interno, saremo abilitati a calcolar la pressione capace di fare schiantar la sfera col mezzo delle formole

Rispetto al ferro fuso. . . . . $p = \frac{2600\,e}{r}$,

Rispetto alle piastre di ferro . . . . $p = \frac{8000\,e}{r}$

Rispetto al rame rosso laminato. . . . . . . $p = \frac{4000e}{r}$.

Ma quante volte trattasi di determinare la grossezza che giova assegnare ad una sfera perchè si possa con sicurezza soggettarla ad una pressione, ci prevarremo delle seguenti formole relative al caso in cui la grossezza non ecceda il quinto del raggio. Per una sfera di

ferro fuso. $e = \frac{pr}{650}$,

piastra di ferro . . . . $e = \frac{pr}{2000}$,

cuoio rosso laminato. . . . . $e = \frac{pr}{1000}$.

287. Proporzione e dimensioni delle viti. I perni a vite impiegati nelle opere per congiungere le varie parti debbono proporzionarsi nel modo che segue:

Il nucleo della parte a vite non debbe soggettarsi ad una tensione maggiore di 2^chil^, 80 per millimetro quadrato dell'area della sua sezione.

Chiamando

P lo sforzo cui dee reggere il perno, e

d il diametro del nucleo a vite in millimetri, determineremo esso nucleo mediante la formola

$$d = 0{,}674 \sqrt{P}.$$

Faremo il diametro esterno dell'elica $= \frac{6}{5} d$ o $\frac{6}{5}$ del diametro del nucleo, ed il risalto di lei sulla superficie eguale ad $\frac{1}{10} d$ od $\frac{1}{10}$ del diametro di esso nucleo.

I pani della vite pareggieranno ciascuno $\frac{1}{5}$ d od $\frac{1}{5}$ del diametro del nucleo stesso.

Semprecchè le madre viti non abbiansi a smontare soventi, la spessezza di ciascuna di esse dovrà farsi eguale al diametro esterno od a $\frac{3}{5}$ di quello del nucleo.

Se al contrario debbe la vite smontarsi di frequente, lo spessore di lei pareggi 1 $\frac{1}{3}$ volte il diametro esterno, o gli $\frac{8}{5}$ di quello del nucleo.

Onde facilitare il passaggio della parte a vite nei forami dei pezzi che voglionsi connettere, giova assegnare al corpo del perno la cui punta è conformata ad elica, alcuni millimetri di diametro dippiù dell'esterno dell'elica stessa.

Codeste proporzioni son da adottarsi, e quando le viti abbiano una sezione triangolare e quando sia dessa quadrata.

Formole per calcolare la curvatura che subiscono i solidi di forme diverse.

288. Torna soventi profittevole di calcolare la curvatura che assumerà un puntello sotto una data carica, inferiore di molto a quella che sopportar possa con sicurezza, o che torna a tutt'uno, di diffinire le dimensioni del corpo in guisa che la flessione non oltrepassi i limiti che anticipatamente vengon fissati. Noi quì ci faremo a riferir le formole il cui impiego più di frequente avviene nelle occorrenze della pratica, e intanto non istimiamo inutile il reassunto delle generali risultanze della teoria e della esperienza intorno alla resistenza dei materiali all' incurvamento.

Risultanze generali della teoria e della sperienza rispetto alla flessione dei materiali.

Allorquando un solido incastrato orizzontalmente in un dei suoi capi vien sollecitato nell'altro da uno sforzo perpendicolare alla sua lunghezza, la flessione che assume riesce proporzionale allo sforzo esercitato ed al cubo del suo braccio di leva.

Se il carico vien distribuito uniformemente sulla lunghezza del solido, la flessione è quella che produrrebbesi da un pe-

so eguale ai $\frac{1}{8}$ di esso carico nella ipotesi che operasse alla estremità.

Quando un solido poggia orizzontalmente su due sostegni e vien gravato nel suo mezzo, la flessione riesce proporzionale al peso che sopporta ed al cubo della metà della distanza fra' sostegni.

Qualora il carico trovasi uniformemente distribuito sulla lunghezza del solido, la flessione è quella che produrrebbesi da un peso eguale a' $\frac{5}{8}$ del carico che oprerebbe nel punto medio della lunghezza.

Quante volte un solido sia incastrato orizzontalmente nelle due estremità e caricato nel mezzo, la flessione riesce tuttavia proporzionale allo sforzo esercitato ed al cubo della semi-distanza dei sostegni, ma ella è della metà minore di quando il corpo liberamente poggi sur essi sostegni.

Le precedenti risultanze ritengonsi per esatte finchè i carichi non oltrepassano il limite da cui s' ingenererebbe un'alterazione permanente nella elasticità dei corpi; ed avvegnachè gli sforzi nelle formole dei n[i]. 232 e 233 additati riescono di molto inferiori a codesti limiti, noi potremo invece adoperar quelle che verremo or ora indicando per calcolare la curvatura dei solidi le cui proporzioni non sieno inferiori a quelle nei rammentati numeri riferite.

289. Solidi soggetti a sforzi d'inflessione trasversale perpendicolarmente alla loro lunghezza. Serberemo identiche nelle formole quì appresso le significanze del n.° 236, ed inoltre chiameremo f la saetta d'incurvamento espressa in metri e misurata alla estremità pei solidi incastrati in un capo e caricati nell'altro, o nel punto medio della lunghezza, nei solidi appoggiati ai sostegni od incastrati in ambi gli estremi.

290. Solido prismatico incastrato in un de' suoi capi:

NEL CASO IN CUI SI TENGA RAGIONE DEL PESO DEL SOLIDO. Determineremo la saetta d'incurvamento della estremità caricata, la mercè delle formole,

rispetto al ferro fuso . . . . $f = \frac{(P + \frac{3}{8} pc)c^3}{2750000000ab^3}$,

rispetto al ferro battuto. . . . . $f = \frac{(P + \frac{3}{8} pc)c^3}{5000000000ab^3}$,

rispetto al legno di quercia o di abete . $f = \frac{(P + \frac{3}{8} pc)c^3}{250000000ab^3}$,

rispetto all'acciaio fuso. . . . . $f = \frac{(P + \frac{3}{8} pc)c^3}{8000000000ab^3}$,

rispetto all'acciaio di Alemagna. . . . $f = \frac{(P + \frac{3}{8} pc)c^3}{4000000000ab^3}$,

ESEMPIO. Diffinire l'inflessione che nel suo estremo subisce un legno di quercia incastrato in un de' suoi capi e caricato a 4^m dalla parte incastrata di un peso di 750^{chil}; ammesso che la lunghezza ne sia di $0^m,20$ e l'altezza di $0^m,30$.

Il peso del legno è

$$pc = 800 \times 0^m,20 \times 0^m,30 \times 4 = 192^{chil},$$

e la formola dianzi produce

$$f = \frac{(750 + \frac{3}{8} \times 192) \times 64}{250000000 \times 0,20 \times 0,027} = 0^m,0039.$$

291. DEL CASO IN CUI SIA LECITO DI TRASCURARE IL PESO DEL SOLIDO. Potendo trascurare il peso del solido, adopreremo le formole,

rispetto al ferro fuso . . . . $f = \frac{Pc^3}{2750000000a^3}$,

rispetto al ferro battuto . . . . $f = \frac{Pc^3}{5000000000ab^3}$,

rispetto al legno. . . . . $f = \frac{Pc^3}{250000000ab^3}$,

rispetto all'acciaio fuso. . . . . $f = \frac{Pc^3}{8000000000ab^3}$,

rispetto all'acciaio di Alemagna. . . . $f = \frac{Pc^3}{4000000000ab^3}$.

Esempio. Determinare l'inflessione di una lamina elastica di acciaio fuso incastrata in uno dei suoi capi e soggetta nell'altro ad uno sforzo di 50^{chil}, essendone le dimensioni

$$a = 0^m,03, \quad b = 0^m,015, \quad c = 0^m,25.$$

La formola porge

$$f = \frac{50 \times (0,25)^3}{8000000000 \times 0,03 \times (0,015)^3} = 0^m,00096.$$

292. Del caso in cui venga il carico uniformemente distribuito. Quante volte il carico venga uniformemente distribuito sulla lunghezza del corpo, lo aggiungeremo al peso proprio di quest'ultimo ove se ne voglia tener ragione, e contrassegnando sempre con p il carico per metro corrente, ci prevarremo delle formole,

rispetto al ferro fuso . . . . $f = \frac{pc^4}{7315000000ab_3}$,

rispetto al ferro battuto . . . . $f = \frac{pc^4}{13333000000ab^3}$,

rispetto al legno . . . . $f = \frac{pc^4}{665000000ab^3}$.

Esempio. Qual sarà l'inflessione che assume un legno di quercia largo 0^m,40, grosso 0^m,50, caricato di un peso di 9000^{chil} per metro corrente, essendo esso lungo 6^m,56?

Ritraesi dalla formola

$$f = \frac{9000 \times (3,28)^4}{665000000 \times 0,40 \times (0,50)^3} = 0^m,0314.$$

293. Osservazione sul modo di porre a calcolo il peso proprio del solido o dei carichi uniformemente distribuiti sulla sua lunghezza. In generale, un peso uniformemente distribuito sur un solido incastrato in un dei suoi capi ingenererà la stessa inflessione di un peso eguale a $3/8$ del suo valore allogato nell'altro estremo, siasi qualsivoglia la sezione trasversale costante di esso solido. Questa osservazione non ne dispensa dal far motto in appresso del peso del solido o dei carichi uniformemente distribuiti.

294. Solido cilindrico di sezione circolare incastrato in un de' suoi capi. Se il corpo sia cilindrico di sezione circolare, ne determineremo l'incurvamento col mezzo delle formole,

rispetto al ferro fuso. . . . . $f = \frac{Pc^3}{1617000000 d^4}$,

rispetto al ferro battuto . . . . $f = \frac{Pc^3}{3940000000 d^4}$,

rispetto al legno . . . . $f = \frac{Pc^3}{147000000 d^4}$.

Esempio. Diffinire l'incurvamento che assume un perno tondo di ferro di $0^m,04$ di diametro incastrato in un de' suoi estremi, e reggendo ad un peso di 100^{chil} a $0^m,60$ distante dal punto di appoggio.

La formola porge

$$f = \frac{100 \times (0,6)^3}{3940000000 \times (0,04)^4} = 0^m,0021.$$

295. Solido cilindrico vuoto. Qualora il corpo sia un solido cilindrico vuoto di sezione circolare, ne calcoleremo l'inflessione la mercè delle formole

rispetto al ferro fuso. . . . . . . $f = \frac{Pc^3}{1617000000 (d^4 - d'^4)}$,

rispetto al ferro battuto. . . . . . $f = \frac{Pc^3}{3940000000 (d^4 - d'^4)}$,

rispetto al legno . . . . $f = \frac{Pc^3}{147000000(d^4 - d'^4)}$,

Esempio. Qual sarà l'inflessione che prende un'albero cilindrico vuoto di ferro fuso incastrato in un estremo e che si carica nell'altro con un peso di 5000^{chil} nelle seguenti condizioni?

$$c = 2^m, \quad d = 0^m,30, \quad d' = 0^m,18.$$

Raccogliesi dalla formola

$$f = \frac{5000 \times 2^3}{1617000000\,[(0,3)^4 - (0,18)^4]} = 0^m,0035.$$

296. Solido prismatico cui corrobori un rilievo. Se il solido presenti il profilo della fig. 51, ove si serbino identiche le significanze del n.° 249 e diasi a z lo stesso valore, perverremo a calcolare l'inflessione di un pezzo di ferro fuso, incastrato in un de' suoi capi e soggetto coll'altro ad uno sforzo P, la mercè della formola

$$f = \frac{Pc^3}{11000000000\,[az^3 - (a - a')\,(z - b)^3 + a'(b + b' - z)^3]}.$$

Se il solido avesse le proporzioni

$$a' = b = \tfrac{1}{5}\,a, \quad \text{e} \quad b' = a,$$

otterremmo

$$z = \tfrac{7}{5}\,a,$$

e la formola diverrebbe

$$f = \frac{Pc^3}{1760000000\,a^4}.$$

Esempio. Determinare l'inflessione che assume una mensola di 1^m di aggetto, caricata all'estremo di un peso di 250^{chil}, ed in cui si avverino le seguenti proporzioni

$$a' = b' = \frac{1}{5}\ a = 0^m,02, \quad a = 0^m,10.$$

La formola dà

$$f = \frac{250 \times 1}{1760000000 \times 0,0001} = 0^m,0014.$$

Presentando il solido le proporzioni

$$a' = b = \frac{1}{5}\ a \quad \text{o} \quad b' = \frac{1}{2}\ a,$$

otterremo

$$z = \frac{1}{5}\ a.$$

e la formola si riduce all'altra

$$f = \frac{Pc^3}{363000000a^4}.$$

297. Solidi di eguale resistenza. I solidi di eguale resistenza il cui profilo longitudinale offra la forma parabolica, assumono curvature doppie di quelle dei solidi prismatici o cilindrici che abbiano la stessa sezione nella parte incastrata.

298. Solidi appoggiati orizzontalmente su due sostegni. Denominando, come al n. 247, con

2P il carico sorretto da un solido appoggiato liberamente su due sostegni,

2c la distanza orizzontale fra questi ultimi.

Se il carico opera verticalmente nel punto medio della lunghezza del solido, determineremo l'inflessione in tal punto con le formole stesse relative a' solidi incastrati in un de'loro capi, ni. 289 e seguenti.

299. Solidi di sezione rettangolare appoggiati a due sostegni e caricati in un punto qualunque della loro lunghezza. Chiamando, come al n.° 271, l ed l' le distanze dal punto in cui opera il carico da'due sostegni, e serbando iden-

tiche le precedenti significazioni, perverremo a determinare l'inflessione sul punto gravato la mercè delle formole

rispetto al ferro fuso. . . . . $f = \frac{Pl^2 l'_2}{2750000000 ab^3 c}$,

rispetto al ferro battuto. . . . . . . $f = \frac{Pl'^2 l'^3}{5000000000 ab^3 c}$,

rispetto al legno di quercia o di abete $f = \frac{Pl'^2 l'_3}{250000000 ab^3 c}$.

Esempio. Diffinire l'incurvamento di un legno di sezione quadrata di $0^m,60$ di lato e lungo metri 5, cui gravi un peso di 7000 chilogrammi a 2^m dall' un dei punti di sostegno e a 3^m dall'altro.

La formola dà

$$f = \frac{7000 \times 4 \times 9}{250000000 \times (0,6)^4 \times 2,5} = 0^m,0031.$$

300. Solido appoggiato orizzontalmente a due sostegni e uniformemente caricato sulla sua lunghezza. Onde calcolare l'inflessione di un solido che abbia una delle forme additata a' ni. 290 a 296, ci prevarremo delle formole stesse sostituendo alla metà P del peso che caricava il corpo nel suo mezzo, l'espressione

$$\frac{5}{8} pc,$$

Esempio. Determinare l'inflessione di ciascun travicello dei sette che compongono una travata di ponte su cui graviti una moltitudine di uomini serrati in massa nelle seguenti condizioni.

Il ponte è lungo metri 42; l'ambiente coverto dai travicelli è $2c = 4^m,30$, $a = 0^m,12$. La superficie del corrispondente tavolato pareggia $18^{mq},06$.

Ritrovandosi gl' individui stivati gli uni sugli altri, consi-

deriamone sei per ogni metro quadrato, il che importa che si debbano calcolare in tale spazio 390 chilogrammi.

Quindi ciascun travicello porterà

$$\frac{390.\ 18^{m},06}{7} = 1010^{chil}, \text{ ovvero } \frac{1010}{4,3} = 234^{chil},8^{\text{per metro corrente}}$$

La formola del n.° 291 offre

$$f = \frac{\frac{5}{8} 164 \times (2,15)^4}{250000000 \times (0,12)^4} = 0^{m},0607.$$

301. Del caso in cui si voglia tener ragione del peso proprio del solido. Allorchè, trovandosi il corpo gravato di un peso 2P nel suo mezzo, si voglia tener ragione del peso proprio ossia di un carico uniformemente distribuito, farem valere le formole stesse dei nⁱ. 299 e 300, aggiungendo al peso P ch'esprime la metà del carico, la quantità $\frac{5}{8} p \times 2c$, il quale rappresenta i $\frac{5}{8}$ del carico uniformemente distribuito.

Esempio. Determinare l'incurvamento di un legno di quercia appoggiato a due sostegni fra loro discosti metri 5, essendo esso largo $0^{m},25$ ed alto $0^{m},30$, sotto un carico di 1500^{chil} stabilito nel suo mezzo, e tenendo ragione del peso proprio. Il peso del legno è di

$$800 \times 0^{m},25 \times 0^{m},30 \times 5^{m} = 300 \text{ chilogrammi.}$$

Quindi ricavasi dalla regola precedente

$$f = \frac{(1500 + \frac{5}{8} 300) \times (2,5)^3}{250000000 \times 0,25 \times (0,30)^3} = 0^{m},0156.$$

302. Inclinazione dei solidi piegati in un dei loro capi ovvero nel mezzo. In tutt'i casi in cui il solido trovisi inca-

strato in un dei capi e sia gravato nell'altro od anche poggiato liberamente su due sostegni con un carico nel punto medio della sua lunghezza, calcoleremo l'angolo i che la sua estremità forma coll'orizzonte la mercè della relazione

$$\text{tang. } i = \frac{3f}{2c}.$$

Se il solido sia incastrato in un de' suoi estremi e trovisi gravato di un peso uniformemente distribuito su tutta la lunghezza, ci sarà nota l'inclinazione del suo estremo all'orizzonte, la mercè della formola

$$\text{teng. } i = \frac{4f}{4c}.$$

Qualora esso solido poggiasse liberamente su due sostegni e fosse gravato di un peso uniformemente distribuito su tutta la sua lunghezza, determineremo l'inclinazione de'suoi estremi all'orizzonte col mezzo della formola

$$\text{tang. } i = \frac{8f}{5c}.$$

303. Solidi incastrati in ambi i loro capi con un carico nel punto medio della loro lunghezza. L'incurvamento dei solidi incastrati in ambe le loro estremità riducesi al quarto di quello de' solidi liberamente poggiati su due sostegni e soggetti al carico stesso.

Esempio. Qual sarebbe l'incurvamento del legno di quercia dell'esempio del n.°301, se si trovasse il medesimo incastrato ne' suoi due capi?

La regola precedente porge in ordine a tale incurvamento

$$f = 0^{m}, 0078.$$

RESISTENZA DEI MATERIALI ALLA CONTORSIONE.



Risultamenti generali della resistenza dei materiali alla inflessione per contorcimento.

304. Quante volte un solido incastrato in un de' suoi capi venga sollecitato da una forza che opera in un piano perpendicolare alla lunghezza e la quale tende a contorcerlo, gli angoli di dislocamento di ciascuna fibra longitudinale o molecola del corpo sono

1.° Proporzionali alla distanza di tali fibre dall'asse di figura o di simmetria del solido;

2.° Proporzionali alla distanza della sezione che si considera da quella che trovasi incastrata.

E denominando

c la lunghezza del solido, dalla sezione incastrata sino a quella in cui opera lo sforzo di contorcimento,

r il raggio del solido, ove sia cilindrico,

b il lato del quadrato, ove sia il solido prismatico di sezione simile,

P lo sforzo che tende a contorcere il solido,

R il braccio di leva di un tale sforzo,

a l'angolo di contorcimento nella sezione corrispondente al piano perpendicolare alla lunghezza del solido e in dove contiensi lo sforzo P. Un tal angolo vuol essere espresso in parti della circonferenza il cui raggio è l'unità.

Ci faremo a calcolar l'angolo a mediante le formole qui appresso:

305. Solidi cilindrici di sezione circolare.

Di acciaio . . . . $a=\frac{PRc}{8254269000r^4}$,

Di ferro battuto . . . . $a=\frac{PRc}{9515770000r^4}$.

Esempio. Diffinire il contorcimento di un albero cilindrico di ferro lungo 6^m col raggio di 0^m,04, sostenente in un de' suoi capi un ingranaggio di 0^m,30 di diametro, il quale trasmetta uno sforzo di 60 chilogrammi.

Venendo l'albero sollecitato a contorcersi in un de' suoi capi dallo sforzo motore e nell'altro dalla resistenza, la contorsione totale sarà la stessa di quando troverebbesi esso incastrato nella sezione in cui opera la resistenza ed obbligato a contorcersi in quella in cui ha luogo la potenza.

La formola porge

$$a=\frac{60\times 0{,}30\times 6}{9515770000\times (0{,}04)^4}=0^m{,}000442;$$

ed essendo l'angolo a misurato alla circonferenza di 1^m di raggio, il dislocamento prodotto dalla contorsione alla periferia dell'ingranaggio sarà

$$0^m{,}000442\times 0{,}3=0^m{,}0001326.$$

306. Solidi prismatici di sezione quadrata. Determineremo l'angolo a mediante le formole

Rispetto all'acciaio. . . . . $a=\frac{PRc}{9535220000b^4}$,

Rispetto al ferro battuto . . . . $a=\frac{PRc}{10101700000b^4}$.

Esempio. Qual è il contorcimento subìto da un albero quadrato di acciaio di 0^m,04 di lato e lungo 1^m,50, soggetto ad uno sforzo di 10^{chil} che operi a 0^m,25 dall'asse ?

Si ha dalla formola

$$a = \frac{10 \times 0,25 \times 1,50}{953522000 \times (0,04)^4} = 0^m,00153;$$

e venendo l'angolo a misurato alla circonferenza il cui raggio è l'unità, il dislocamento prodotto dalla contorsione alla distanza $r = 0^m,25$, sarà di

$$0,00153 \times 0,25 = 0^m,00038.$$

STABILITÀ DELLE COSTRUZIONI

REGOLE PER CALCOLARE LA SPINTA DELLE VOLTE E LA SPESSEZZA ASSEGNABILE AI PIEDRITTI.

Volte di pieno centro ad estradosso parallelo.

307. TAVOLA DEGLI ANGOLI DI ROTTURA E DELLE SPINTE DELLE VOLTE DI PIENO CENTRO AD ESTRADOSSO PARALLELO. La frattura delle volte di pieno centro ad estradosso parallelo avviene per l'interna rotazione intorno ad una giuntura dei fianchi o per moto progressivo sur una di simili giunture.

Calcoleremo gli angoli di frattura e la spinta massima orizzontale applicata nell'estradosso della chiave, mediante la quì appresso tabella, * nella quale contrassegnano
R il raggio dell'estradosso,

* Questa e le altre tabelle che seguono, con tutto quanto ragguarda al conato delle volte, sono estratte da un opuscolo del sig. Petit, capitano del corpo del Genio, inserito nel n.° 12 del *Memoriale* dell' ufiziale del Genio.

r il raggio dell'intradosso,

$K = \frac{R}{r}$ il rapporto di codesti raggi,

C è il rapporto della spinta orizzontale sulla chiave al quadrato del raggio.

Verremo in cognizione del valore della spinta in chilogrammi sopra un metro corrente della lunghezza della volta da quello del rapporto C, moltiplicando il prodotto Cr^2 pel peso del metro cubo della muratura impiegata, espresso coacervatamente da chilogrammi 2250.

TABELLA DEGLI ANGOLI DI ROTTURA, NON CHE DEI CONATI E SPESSORI LIMITI DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO.

VALORE del rapporto $K = \frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell' angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r dell' intradosso — In caso di rotazione.	RAPPORTO C — In caso di traslazione.	RAPPORTO $\sqrt{2C}$ dello spessore limite del piedritto al raggio dell' intradosso. *Stabilità di Lahire.*
2,732	1,154	0°00′	0,00000	0,98923	
2,70	1,176	13 42	0,00211	0,96262	
2,65	1,212	22 00	0,00319	0,92168	
2,60	1,250	27 30	0,00809	0,88131	
2,50	1,333	35 52	0,02283	0,80346	
2.40	1,428	42 6	0,04109	0,72847	
2,30	1,538	46 47	0,06835	0,65654	
2,20	1,666	51 4	0,08648	0,58767	
2,10	1,810	54 27	0,10926	0,52186	
2,00	2,000	57 17	0,13017	0,45912	1.3223
1,90	2,282	59 37	0,14813	0,39943	1,2320
1,80	2,500	61 24	0,16373	0,34281	1,1414
1,70	2.857	62 53	0,17180	0,28924	1,0484
1,60	3,333	63 49	0,17517	0,23874	0,9525
1,59	3,389	63 52	0,17533	0,23386	0,9427
1,58	3,448	63 55	0,17535	0,22901	0,9329
1,57	3,508	63 58	0,17524	0,22434	0,9233
1,56	3.571	64 1	0,17499	0,21940	0.9131
1,55	3,636	64 3	0,17478	0,21464	0,9031
1,54	3,703	64 5	0,17445	0,20991	0,8931
1,53	3,773	64 7	0,17397	0,20521	0,8831
1,52	3,846	64 8	0,17352	0.20054	0,8730
1,51	3,920	64 8	0,17310	0,19590	0,8628
1,50	4,000	64 9	0,17254	0,19130	0,8527
1.49	4,081	64 8	0,17180	0,18673	0,8424
1,48	4,166	64 8	0,17095	0,18218	0,8320
1,47	4.255	64 7	0,17008	9,17766	0,8216
1,46	4,347	64 6	0,16915	0,17318	0,8112
1,45	4,444	64 5	0,16798	0,16872	0,8007
1,44	4,545	64 3	0,16683	0,16430	0,7962
1,43	4,651	64 00	0,16568	0,15991	0,7934
1,42	4,761	63 56	0,16448	0,15555	0,7906
1,41	4,878	63 52	0,16317	0,15122	0,7874
1,40	5,000	63 48	0,16167	0,14691	0,7838
1,39	5,128	63 43	0,16014	0.14264	0,7801
1,38	5,263	63 38	0,15845	0,13841	0,7760
1,37	5,406	63 32	0,15672	0,13420	0,7717
1,36	5,555	63 26	0,15482	0,13002	0,7670
1,35	5,714	63 19	0,15287	0,12587	0,7622
1,34	5,882	63 10	0,15096	0,12176	0,7574
1,33	6,060	63 00	0,14896	0,11767	0,7524
1,32	6,264	62 50	0,14678	0,11362	0,7468

CONTINUAZIONE DELLA TABELLA DI ROTTURA DEI CONATI E SPESSORI LIMITI, NON CHE DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO.

VALORE del rapporto $K = \frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell'angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r dell'intradosso. In caso di rotazione.	In caso di traslazione.	RAPPORTO $\sqrt{C}$ dello spessore limite del piedritto al raggio dell'intradosso. *Stabilità di Lahire.*
1,31	6,451	62° 33′	0,14510	0,10959	0,7425
1,30	6,666	62 14	0,14330	0,10559	0,7379
1,29	6,896	62 9	0,14013	0,10163	0,7297
1,28	7,142	62 3	0,13691	0,09770	0,7213
1,27	7,407	61 47	0,13430	0,09379	0,7144
1,26	7,692	61 30	0,13157	0,08992	0,7071
1,25	8,000	61 15	0,12847	0,08608	0,6987
1,24	8,333	61 1	0,12516	0,08227	0,6896
1,23	8,695	60 40	0,12201	0,07849	0,6809
1,22	9,090	60 19	0,11887	0,07474	0,6721
1,21	9,523	60 00	0,11516	0,07102	0,6615
1,20	10,000	59 41	0,11140	0,06733	0,6504
1,19	10,526	59 10	0,10791	0,06368	0,6404
1,18	11,111	58 40	0,10417	0,06005	0,6292
1,17	11,764	58 9	0,10021	0,05646	0,6171
1,16	12,500	57 40	0,09593	0,05289	0,6038
1,15	13,333	57 1	0,09176	0,04935	0,5905
1,14	14,285	56 23	0,08729	0,04585	0,5739
1,13	15,384	55 45	0,08254	0,04237	0,5601
1,12	16,666	54 48	0,07789	0,03984	0,5444
1,11	18,181	54 10	0,07273	0,03552	0,5259
1,10	20,000	53 15	0,06754	0,03213	0,5066
1,09	22,222	52 14	0,06177	0,02879	
1,08	25,000	59 7	0,05649	0,02546	
1,07	28,571	51 48	0,05065	0,02217	
1,06	33,333	48 18	0,04455	0,01891	
1,05	40,000	46 32	0,03313	0,01568	
1,04	50,000	44 4	0,03139	0,01249	
1,03	66,666	41 4	0,02459	0,00932	
1,02	100,000	38 12	0,01691	0,00618	
1,01	200,000	32 36	0,00889	0,00308	
1,00	Infinito	0 00	0,00000	0,00000	

308. SPESSORE LIMITE DEI PIEDRITTI. Siffatta tabella oltre agli angoli di rottura ed alle spinte, contiene gli spessori limiti dei piedritti. Si è convenuto di così denominare lo spessore corrispondente alla ipotesi di un'altezza indefinita dei piedritti, essendo esso evidentemente il limite ultimo di tutti gli spessori che possono adottarsi.

È dimostrato che siffatto spessore limite pareggia la radice quadrata del doppio del conato orizzontale, ed il calcolo chiarisce che in generale esso eccede per un'assai piccola quantità lo spessore determinato con la formola che in appresso riporteremo; in guisa, che nelle costruzioni in dove non si avrebbe a male di assegnare una lieve eccedenza di grossezza ai piedritti, potrà adottarsi cotesto spessore limite additato nell'ultima colonna della precedente tabella; e ciò che qui si afferma in ordine alle volte a pieno centro è altresì applicabile ad ogni altra specie di volte.

309. Osservazione intorno all'uso della precedente tabella. Si osserverà nell'uso della tabella surriferita, che il valore del rapporto C del conato dipendente dal moto progressivo al quadrato del raggio dell'intradosso, sorpassa quello della spinta dipendente dalla rotazione, insino al valore di

$$K=\frac{R}{r}=1,44.$$

E siccome nelle applicazioni conviene che si adotti la maggiore di codeste due spinte, così per le volte che daranno un rapporto K compreso tra 2,732 e 1,44, farà d'uopo assumere il valore relativo al caso del moto progressivo, e rispetto alle volte per le quali si avesse K più piccolo di 1,44, il valore dipendente dal caso della rotazione. Un apposito spazio orizzontale delle colonne addita in tutte le tabelle quando nel valore di K l'una delle spinte sorpassa l'altra.

310. Limite infimo dello spessore alla chiave delle volte a pieno centro. Lo spessore delle volte a pieno centro con estradosso parallelo non debb' esser mai minore di $\frac{1}{17}$ del diametro dell'intradosso. La dimensione che in pratica convien dargli, sarà calcolata con la regola del Perronnet, n° 326.

311. Esempio. Qual esser debbe lo spessore dei piedritti di

una volta a pieno centro del diametro di 5^m all'intradosso, le cui imposte sieno a 3^m superiormente alle fondazioni?

Secondo la regola del n. 326, si avrà per lo spessore E in chiave della volta

$$E = \frac{5 \times 5^m + 46^m,777}{144} = 0^m,498,$$

e di conseguito

$$R = 2^m,998, \quad \text{indi} \quad \frac{R}{r} = K = 1,20.$$

Essendo questo rapporto al di sotto di 1,44, la spinta nell'ipotesi della rotazione sarà la maggiore, e la tabella del n.° 307 darà

$$C = 0,11140.$$

La spinta per metro corrente sarà

$$0,1114 \times (2,50)^2 \times 2250^{chil} = 1566^{chil},$$

e lo spessore limite dei piedritti pareggia

$$0,6504 \times 2^m,50 = 1^m,626.$$

312. Formola da far valere nel caso in cui vogliamo limitarci agli spessori necessari. Trattandosi d'importanti costruzioni nelle quali non piaccia di soggettarsi alla spesa di un incremento di grossezza nei piedritti, calcoleremo lo spessore che fa d'uopo assegnar loro, la mercè della formola

$$\frac{e}{r} = -0,7854 \times (K^2 - 1)\frac{r}{h} + \sqrt{\left[0,7854(K^2-1)\frac{r}{h}\right]^2 + 2\left[1,90KC + \frac{1}{3}(K^3-1) - 0,7854(K^2-1)\right]\frac{r}{h} + 3,8C},$$

in dove si dimandano
e lo spessore del piedritto,
h l'altezza del medesimo,

C, r e K esprimono le significanze del n.° 307.

Esempio. Nella ipotesi del n.° 311, in cui si ha

$$\frac{r}{h}=\frac{2,50}{3}=0,833,$$

$$K=1,20, \qquad r=2^{m},50, \qquad C=0,1114,$$

la formola dà

$$\frac{e}{r}=0,5827,$$

e di conseguito

$$e=0,583\times 2^{m},50=1^{m},457,$$

invece di $1^{m},626$ ottenuto al n.° 311, a norma della tabella del n.° 307, ritenendo come indefinita l'altezza del piedritto.

313. Volte a pieno centro con estradosso a 45°.

Determineremo l'angolo di rottura, la spinta orizzontale massima applicata all'estradosso della chiave, ed il rapporto della spessezza limite del piedritto al raggio dell'intradosso definita al n.° 308, col soccorso della seguente tabella:

TABELLA DEGLI ANGOLI DI ROTTURA, NON CHE DEI CONATI E SPESSORI LIMITI DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO CON ESTRADOSSO a 45.°

VALORE del rapporto $K = \frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell'angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r' dell' intradosso. In caso di rotazione.	In caso di traslazione.	RAPPORTO dello spessore limite del piedritto al raggio dell'intradosso. *Stabilità del Vauban.*
2,00	2.000	60°	0,26424	0,74361	1,7246
1,90	2,222	60	0,28416	0,65648	1,6204
1,80	2,500	60	0,29907	0,57383	1,5147
1,70	2.857	60	0,30867	0,49364	1,4081
1.60	3,333	60	0.31243	0,42191	1,2990
1,59	3,389	60	0,31249	0,41478	1,2880
1,58	3,448	60	0,31257	0,40841	1,2781
1,57	3,508	61	0,31264	0,40067	1,2660
1,56	3,571	61	0,31246	0.39367	1,2548
1,55	3,636	61	0,31222	0,38673	1,2437
1,54	3,703	61	0 31191	0,37983	1,2318
1,53	3,773	61	0,31153	0,37297	1,2214
1,52	3,846	61	0,31108	0,36615	1,2102
1,51	3,920	61	0,31056	0,35938	1,1989
1,50	4,000	61	0,30996	0,35266	1,1877
1,49	4,081	01	0,30928	0,34598	1,1764
1,48	4,166	61	0.30855	0,33934	1,1630
1,47	4,255	61	0,30772	0,33275	1,1537
1,46	4,347	60	0,30685	0.32621	1,1422
1,45	4,444	60	0,30587	0,31971	1,1308
1,44	4,545	60	0,30485	0,31323	1,1193
1,43	4,651	60	0,30408	0.30684	1,1078
1,42	4,761	60	0.30296	0,30047	1,1008
1,41	4,878	60	0,30173		1.0986
1,40	5,000	59	0,30001	0,28787	1,0954
1,39	5,128	59	0 29712		1,0914
1,38	5,263	59	0,29706		1,0914
1,37	5,406	59	0,29550		1,0872
1,36	5,555	59	0,29386		1,0841
1,35	5,714	58	0.29285		1,0823
1,34	5,882	58	0.29037		1,0777
1,33	6,060	58	0,28850		1,0742
1,32	6,264	58	0,28654		1,0705
1,31	6,451	57	0,28456		1,0668
1,30	6,666	57	0,28231	0,22756	1,0626
1,29	6.896	57	0.28027		1,0588
1,28	7,142	56	0,27810		1,0547
1,27	7,407	56	0,27578		1,0503
1,26	7,692	55	0,27343		1,0458
1,25	8,000	54	0,27102		1,0412
1,24	8,333	53	0,26850		1,0363
1,23	8,695	53	0,26608		1,0316

Continuazione della TABELLA DEGLI ANGOLI DI ROTTURA, NON CHE DEI CONATI E SPESSORI LIMITI DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO CON ESTRADOSSO A 45°.

VALORE del rapporto $K = \frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell'angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r dell'intradosso. In caso di rotazione.	In caso di traslazione.	RAPPORTO dello spessore limite del piedritto al raggio dell'intradosso. *Stabilità del Vauban.*
1,22	9.090	52°	0,26377		1,0272
1,21	9.523	51	0.26074		1,0217
1,20	10,000	50	0,25806	0,17171	1,0160
1,19	10,526	50	0,25546		1,0109
1,18	11,111	49	0,25277		1,0045
1,17	11,764	49	0,25010		1,0002
1,16	12,500	48	0,24742		0,9948
1,15	13,333	47	0,24477		0,9894
1,14	14,285	46	0,24218		0,9842
1,13	15,384	44	0,23967		0,9791
1,12	16,666	43	o.23732		0,9743
1,11	18,181	43	0,23502		0,9695
1,10	20,000	42	0.23292	0,12032	0,9652
1,05	40,000	36	0,22902		0,9574

314. Osservazione intorno all' uso di simigliante tabella. Nel valersi di cotesta tabella, si osserverà che le spinte orizzontali riferibili al moto progressivo si prescelgono in preferenza di quelle relative alla rotazione, insino al valore K = 1,43 inclusivo. Quindi rispetto a K = 1,42 ed ai valori al di sotto, convien servirsi dei conati che han rapporto alla rotazione.

315. Limite infimo dello spessore in chiave di simili volte. Le volte a pieno centro con estradosso a 45°, son sempre stabili su i loro piedritti, siasi qualsivoglia la grossezza che loro si assegna. Nondimeno è di ragione che si calcoli altresì lo spessore che conviene alla lor chiave mediante la regola del numero 326.

316. Esempio. Diffinire lo spessore limite dei piedritti di una volta a pieno centro con estradosso inclinato a 45°, il cui

diametro pareggi 8 ,e l'altezza dei piedritti dalle imposte in giù agguagli metri 5.

La regola del n.° 326 dà per la spessezza della volta nel sito della chiave

$$E = \frac{5 \times 8^{m} + 46^{m},777}{144} = 0^{m}6026,$$

e di conseguito

$$R = 4^{m},6026, \quad \frac{R}{r} = K = 1,15.$$

La tabella precedente porge

$$C = 0,24477,$$

il perchè la spinta pareggia

$$0,24477 \times 16 \times 2250^{chil.} = 8811^{chil.}$$

E per la spessezza limite dei piedritti si deduce

$$\frac{e}{r} = 0,9894,$$

donde

$$e = 0,9894 \times 4 = 3^{m},9576.$$

317. FORMOLA APPLICABILE AL CASO IN CUI SI VOGLIA UNA SPESSEZZA STRETTAMENTE NECESSARIA. Trattandosi d'importanti costruzioni in cui non volessimo soggettarci alla spesa di un incremento di spessore nei piedritti, se ne calcolerà la giusta grossezza la mercè della formola

$$\frac{e}{r} = -(K^2 - 0,7854)\frac{r}{h} + \sqrt{(K^2 - 0,7854)^2\frac{r^2}{h^2} + 2\left[K\left(2C + \frac{1}{3}K^2\sqrt{2} - K\right) + 0,452\right]\frac{r}{h} + 4C}$$

ESEMPIO. Nella posizione del numero precedente in cui si avvera

$$\frac{r}{h} = \frac{4^m}{5} = 0,80,$$

$$K = 1,15, \quad r = 4^m, \quad C = 0,24477.$$

La formola porge

$$\frac{e}{r} = 0,968;$$

ed

$$e = 0,968 \times 4^m = 3^m,872,$$

invece di $3^m,958$ ch'eransi ottenuti al n.° 316, ritenendo per indefinita l'altezza dei piedritti.

318. Volte di pieno centro con estradosso orizzontale. Perverremo a conoscere l'angolo di rottura; il conato massimo orizzontale nell'estradosso della chiave, ed il rapporto tra lo spessore limite del piedritto ed il raggio dell'intradosso definito al n.° 308, col soccorso della seguente tabella:

TABELLA DELLI ANGOLI DI ROTTURA, NON CHE DEI CONATI E SPESSORI LIMITI DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO CON ESTRADOSSO ORIZZONTALE.

VALORE del rapporto $K = \frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell' angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r. dell' intradosso. In caso di rotazione.	In caso di traslazione.	RAPPORTO dello spessore limite dei piedritti al raggio dell'intradosso. *Stabilità di Lahire.*
2,00	2,000	36°	0,05486	0,50358	1,3834
1,90	2,222	39	0,07101	0,43966	1,2925
1,80	2,500	44	0,08850	0,37901	1,2001
1,70	2,857	48	0,10631	0,32164	1,1055
1,60	3,333	52	0,12300	0,26755	1,0082
1,59	3,389	52	0.12453	0,26232	0,9984
1,58	3,448	53	0,12602	0,25712	0,9885
1,57	3,508	53	0,12747	0,25196	0.9784
1,56	3,571	54	0,12837	0,24683	0,9684
1,55	3,636	54	0.13027	0,24173	0,9584
1,54	3,703	55	0,13153	0,23667	0,9483
1,53	3,773	55	0,13289	0;23163	0,9381
1,52	3,846	55	0,13414	0,22664	0,9280
1.51	3,920	55	0,13531	0,22167	0,9177
1,50	4,000	56	0.13648	0,21673	0,9075
1,49	4,081	56	0,13756	0,21183	0,8972
1,48	4,166	56	0.13856	0,20696	0,8868
1,47	4,255	57	0,13952	0,20213	0,8764
1,46	4,347	57	0,14041	0,19733	0,8659
1,45	4,444	57	0,14122	0,19256	0,8554
1,44	4,545	58	0,14195	0,18782	0,8448
1,43	4,631	58	0,14268	0,18312	0,8341
1,42	4,761	58	0,14311	0,17845	0,8234
1,41	4,878	59	0,14376	0,17381	0,8126
1,40	5,000	59	0,14421	0,16920	0,8018
1,39	5,128	59	0,14456	0,16463	0,7909
1,38	5,263	59	0,14481	0,16009	0,7709
1,37	5,406	60	0,14498	0.15558	0,7689
1,36	5,555	60	0,14506	0,15111	0,7577
1,35	5,714	60	0,14504	0,14666	0,7465
1,34	5,882	60	0,14491	0,14225	0·7420
1,33	6,060	61	0,14467		0,7414
1,32	6,264	61	0,14460		0,7412
1,31	6,451	61	0,14390		0,7394
1,30	6,666	61	0,14332	0,12495	0,7379
1,29	6,896	61	0,14264		0,7362
1,28	7,142	62	0,14186		0,7342
1,27	7,407	62	0,14101		0,7320
1,26	7,692	62	0,13988		0,7290
1,25	8,000	62	0,13872	0,10405	0,7260
1,24	8,333	62	0,13737		0,7225
1,23	8,695	63	0,13593		0,7187

Continuazione della TABELLA DEGLI ANGOLI DI ROTTURA, NON CHE DEI CONATI E SPESSORI LIMITI DEI PIEDRITTI DELLE VOLTE A PIENO CENTRO CON ESTRADOSSO ORIZZONTALE.

VALORE del rapporto $K=\frac{R}{r}$.	RAPPORTO del diametro allo spessore.	VALORE dell' angolo di frattura.	RAPPORTO C della spinta al quadrato del raggio r dell' intradosso. In caso di rotazione.	In caso di traslazione.	RAPPORTO dello spessore limite del piedritto al raggio dell' intradosso. *Stabilità del Lahire.*
1,22	9,090	63°	0,13437		0,7145
1,21	9,523	63	0,13263		0,7099
1,20	10,000	63	0,13073	0,08397	0,7048
1,19	10,526	63	0,12870		0,6993
1,18	11,111	63	0,12630		0,6933
1,17	11,764	64	0,12413		0,6868
1,16	12,500	64	0,12182		0,6803
1,15	13,333	64	0,11893	0,06471	0,6723
1,14	14,285	64	0,11608		0,6641
1,13	15,384	64	0,11303		0,6553
1,12	16,666	64	0,10979		0,6459
1,11	18,181	65	0,10641		0,6358
1,10	20,000	65	0,10279	0,04627	0,6249
1,09	22,222	66	0,098992		0,6133
1,08	25,000	66	0,094967		0,6007
1,07	28,571	67	0,091189		0,5886
1,06	33,333	68	0,086376		0,5729
1,05	40,000	69	0,081755	0,02865	0,5573
1,04	50,000	70	0,076837		
1,03	66,666	71	0,071853		
1,02	100,000	73	0,066469		
1,01	200,000	74	0,061324		
1,00	Indefinito.	75	0,055472	0,01185	

319. OSSERVAZIONE INTORNO ALL' USO DELL' ADDOTTA TABELLA. In ordine al modo di valersene pei valori di K al di sotto di 1,35, farà d'uopo assumere le spinte relative al caso della rotazione, essendo esse le maggiori. Per contrario si preferiscono i conati riferibili al moto progressivo, tostochè diviene $K = 1,35$ e al di là di cotesto valore.

320. LIMITE INFIMO DELLO SPESSORE IN CHIAVE DI SIMILI VOLTE. Le volte con estradosso orizzontale non debbono aver mai una grossezza minore di $\frac{1}{48}$ del loro diametro misurato

nell'intradosso. La dimensione che in pratica fa d'uopo loro assegnare vien calcolata con la regola del n.° 326.

Esempio. Diffinire lo spessore limite dei piedritti di una volta a pieno centro di 10^m di diametro, con estradosso orizzontale, essendo l'altezza dei piedritti $= 5^m$.

La regola del n.° 326 porge da prima per lo spessore in chiave della volta

$$E = \frac{5 \times 10^m + 46^m{,}777}{144} = 0^m{,}672,$$

e quindi

$$R = 5^m{,}672, \qquad \frac{R}{r} = K = 1{,}13.$$

La riportata tabella dà $C = 0{,}11303$;
laonde il conato per metro corrente è espresso da

$$0{,}11303 \times 25 \times 2250 = 6359^{chil},$$

e lo spessore limite dei piedritti sarà

$$0{,}6553 \times 5 = 3^m{,}2765.$$

321. Formola applicabile ai casi in cui volessimo restringerci agli spessori strettamente necessari. Trattandosi di notabili costruzioni nelle quali voglia risparmiarsi il dispendio di un incremento di grossezza nei piedritti, si verrà in chiaro dello spessore che convien dar loro mediante la formola

$$\frac{e}{r} = -(K - 0{,}7854)\frac{r}{h + Kr}$$

$$+\sqrt{(K - 0{,}7854)^2\frac{r^2}{(h + Kr)^2} - (K - 0{,}904)\frac{r}{h + Kr} + 3{,}8C}.$$

Esempio. Nella posizione del n.° 320 in cui si abbia

$$r = h = 5^m, \ \frac{r}{h} = 1, \qquad K = 1{,}13, \qquad C = 0{,}11303.$$

La formola offre

$$\frac{e}{r} = 0{,}5615,$$

e per conseguenza

$$e = 2^{m}{,}8075.$$

322. Volte in arco di cerchio con estradosso parallelo. Nel calcolo della spinta di simili volte e dello spessore dei piedritti, due distinti casi intervengono;

Il primo, quando la metà dell'angolo al centro a dell'arco di cerchio compreso tra la verticale del mezzo della chiave ed il raggio condotto all'origine, sia maggiore dell'angolo di rottura dato in grazia della tabella del n.° 307 relativa alle volte di pieno centro, ed in cui si avveri lo stesso valore di

$$\frac{R}{r} = K.$$

Vuolsi la volta considerare rispetto al conato orizzontale come volta a pieno centro, e si verrà in chiaro della sua spinta col soccorso della tabella del n.° 307.

Si determinerà dappoi lo spessore dei piedritti od il suo rapporto al raggio dell'intradosso mediante la formola

$$\frac{e}{r} = -\frac{1}{2}a\,(K^2-1)\,\frac{r}{h} + \sqrt{\frac{1}{4}a^2(K^2-1)^2\frac{r^2}{h^2} + 2\left[1{,}90C(K-\cos a) + \frac{1}{3}(K^3-1)(1-\cos a) - \frac{1}{2}(K^2-1)a\,\mathrm{sen}\,a\right]\frac{r}{h} + 3{,}8C}.$$

Esempio. Diffinire lo spessore dei piedritti di una volta in arco di cerchio con estradosso parallelo, essendo l'altezza di quelli, di $3^{m}{,}25$, la larghezza della volta di 3^{m}, e la sua saetta di 1^{m}.

Primamente si rinviene

$$r = 1^{m}{,}625.$$

La regola del n.° 326 offre per lo spessore in chiave della volta

$$E = \frac{5 \times 3,25 + 46,777}{144} = 0^m,437,$$

ed indi

$$R = 2^m,062, \qquad \frac{R}{r} = K = 1,26, \qquad \frac{r}{h} = \frac{1}{2}.$$

Si ha inoltre

$$a = 63^\circ = 1^m,10, \quad \text{sen. } a = 0,8912, \quad \text{cos. } a = 0,4540.$$

Essendo il semiangolo al centro maggiore dell'angolo di rottura corrispondente a $K = 1,26$ il quale è di 61°, 30′, ci faremo a prendere il valore di C nella tabella del n.° 307, la quale offre

$$C = 0,13157.$$

In allora la formola dianzi dà

$$\frac{e}{r} = 0,627,$$

e di conseguito

$$e = 0,617 \times 1,625 = 1^m,107.$$

Laddove non si tema di accrescere alquanto la grossezza dei piedritti, potremo calcolarne lo spessore limite supponendone indefinita l'altezza, il che riduce la formola a

$$\frac{e}{r} = \sqrt{3,8C.}$$

Nella ipotesi dell'esempio precedente, otterrebbesi

$$\frac{e}{r} = 0,7071 \quad \text{e} \quad e = 1^m,149.$$

323. Il secondo, quando la metà dell'angolo al centro a, determinabile con la tabella del n.° 307, sia minore dell'angolo di rottura della proposta volta, considerata come di pieno centro ; la qual cosa avvien di frequente per le volte in arco di cerchio usitate in pratica. Calcoleremo il rapporto C del conato al raggio dell'intradosso, mediante la quì appressò tabella, relativa ai sette valori della larghezza L della volta

rispetto alla saetta dell'arco dell'intradosso, ed i quali comprendon le volte più in uso in ordine a cui si hanno i seguenti rapporti:

RAPPORTO della corda alla saetta.	SEMIANGOLO al centro.	SENO a.	RAPPORTO del raggio dell'estradosso alla saetta.
4	53° 7' 30"	0,8000	2,500
5	43 36 10	0,6897	3,625
6	36 52 10	0,6000	5,000
7	31 53 26	0,5283	6,625
8	28 4 20	0,4706	8,500
10	22 37 10	0,3846	13,000
16	14 15 0	0,2462	32,500

Poscia verrassi in cognizione dello spessore dei piedritti mediante la formola del n.° 312.

TABELLA DEI CONATI DELLE VOLTE IN ARCO DI CERCHIO CON ESTRADOSSO PARALLELO.

VALORE del rapporto. $K = \frac{R}{r}$	RAPPORTO DELLA SPINTA AL QUADRATO DEL RAGGIO DELL' INTRADOSSO.						
	se $L=4f$, $r=\frac{5}{2}f$, $a=53°\ 7'\ 30''$.	se $L=5f$, $r=\frac{29}{8}f$, $a=43°\ 36'\ 10''$.	se $L=6f$, $r=5f$, $a=36°\ 52'\ 10''$.	se $L=7f$, $r=\frac{53}{8}f$, $a=31°\ 53'\ 26''$.	se $L=8f$, $r=\frac{17}{2}f$, $a=28°\ 4'\ 20''$.	se $L=10f$, $r=13f$, $a=22°\ 37'\ 10''$.	se $L=16f$, $r=32,5f$, $a=14°\ 15'\ 0''$.
1,40	0,15445	0,14691	0,14691	0,14691	0,14691	0,14478	
1,35	0,14717	0,13030	0,12587	0,12587	0,12587	0,12405	
1,34	0,14543	0,12987	0,12171	0,12171	0,12171	0,11999	
1,33	0,14364	0,12781	0,11767	0,11767	0,11767	0,11596	
1,32	0,14173	0,12634	0,11362	0,11362	0,11362	0,11196	
1,31	0,13975	0,12486	0,10959	0,10959	0,10959	0,10800	
1,30	0,13764	0,12331	0,10682	0,10559	0,10559	0,10406	
1,29	0,13543	0,12164	0,10563	0,10163	0,10163	0,10016	
1,28	0,13311	0,11988	0,10437	0,09770	0,09770	0,09628	
1,27	0,13068	0,11803	0.10304	0,09379	0,09379	0,09244	
1,26	0,12815	0,11609	0,10160	0,08992	0,08992	0,08862	
1,25	0,12547	0,11402	0,10009	0,08668	0,08608	0,08483	0,07180
1,24	0,12270	0,11251	0,09850	0,08549	0,08227	0,08108	0,06862
1,23	0,12031	0,10958	0,09679	0,08423	0,07849	0,07735	0,06547
1,22	0,11675	0,10725	0,09499	0,08291	0,07474	0,07366	0,06234
1,21	0,11354	0,10460	0,09305	0,08148	0,07102	0,06999	0,05924
1,20	0,11023	0,10196	0,09102	0,07999	0,06981	0,06636	0,05616
1,19	0,10676	0,09915	0,08885	0,07834	0,06859	0,06275	0,05311
1,18	0,10313	0,09617	0,08653	0,07651	0,06727	0,05918	0,05008
1,17	0,09934	0,09303	0,08408	0,07468	0,06583	0,05212	0,04709
1,16	0,09537	0,08975	0,08144	0,07264	0,06420	0,05004	0,04411
1,15	0,09123	0,08634	0,07366	0,07050	0,06259	0,04904	0,04116
1,14	0,08690	0,08257	0,07568	0,06812	0,06077	0,04803	0,03824
1,13	0,08238	0,07869	0,07251	0,06558	0,05890	0,04671	0.03534
1,12	0,07764	0,07459	0,06911	0,06297	0,05659	0,04451	0.03247
1,11	0,07269	0,07042	0.06548	0,06026	0,05421	0,04384	0,02962
1,10	0,06737	0,06563	0,06158	0,05666	0,05160	0,04214	0,02681
1,09	0,06211	0,06077	0,05739	0,05345	0,04871	0,04023	0,02401
1,08	0,05636	0,05652	0,05288	0,04934	0.04552	0,03806	0,02192
1,07	0,05052	0,05011	0,04804	0,04426	0,04200	0,03560	0,02111
1,06	0,04431	0,04428	0,04280	0,04058	0,03861	0,03276	0,02002
1,05	0,03776	0,03804	0,03709	0,03550	0,03357	0,02944	0,01882
1,04	0,03096	0,03144	0,03095	0,02992	0,02862	0,02561	0,01720
1,03	0,02378	0,02437	0,02424	0,02369	0,02293	0,02131	0,01524
1,02	0,01625	0,01681	0,01690	0,01673	0,01640	0,01546	0,01199
1,01	0,00834	0,00871	0,00886	0,00889	0,00885	0,00862	0,00747

Esempio relativo al 1.° caso. Qual'esser debbe la spessezza dei piedritti di una volta in arco di cerchio con estradosso parallelo, la cui larghezza L sia $= 8^m$, ed il sesto $f = \frac{1}{8}$ L $= 1^m$, avendo i piedritti un'altezza $h = 4^m,25$?

Si ha

$$r = 8^m,50,\ \frac{r}{h} = 2, \qquad a = 28°\ 4'\ 20'' = 0^m,49,$$

$$\cos.\ a = 0,8828, \qquad \text{sen.}\ a = 0,4706.$$

La regola del n.° 326 porge in ordine alla spessezza della volta nel sito della chiave

$$E = \frac{5 \times 17^m + 46^m,777}{144} = 0^m,915;$$

donde si raccoglie

$$R = 9^m,415, \qquad \frac{R}{r} = K = 1,107.$$

La tabella di qui sopra, prendendo la media proporzionale tra i valori corrispondenti a $K = 1,10$, e $K = 1,11$, dà

$$C = 0,05313.$$

Codesti valori sostituiti nella formola, offrono

$$\frac{e}{r} = 0,3952,$$

da cui

$$e = 3^m,359.$$

Lo spessore limite nella ipotesi di un' altezza indefinita dei piedritti sarebbe

$$\frac{e}{r} = 0,4482,$$

dalla quale

$$e = 3^m,810.$$

324. Moto progressivo delle volte in arco di cerchio sulle commettiture delle loro imposte. L'attrito per metro corrente sulla commettitura del piedritto ha per espressione

$$0{,}38\, a\, (K^2 - 1)\, r^2 \times 2250^{chil}.$$

La spinta orizzontale per metro corrente ha per valore

$$Cr^2 \times 2250^{chil}.$$

Allorchè la spinta sorpassa il soffregamento, fa d'uopo ricorrere ad alcuni mezzi di arte, come a tiranti di ferro, ad urtanti, e simili, per opporsi al moto progressivo, e la resistenza che cotesti corpi debbono opporre alla traslazione vuol'essere superiore a

$$[C - 0{,}38\, a\, (K^2 - 1)]\, r^2\, 2250^{chil}.$$

Quante volte sia $L = 4f$, il conato sorpasserà l'attrito ove si avveri $K = 1{,}06$. Laonde vi sarà traslazione in quelle volte le quali corrispondono a cotesto valore di K, ed a valori anche più piccoli.

Nei casi di $L = 5f$, $L = 6f$, $L = 7f$, $L = 8f$, ed $L = 10f$, il moto principia dal valore $K = 1{,}15$;

Avvenendo che sia $L = 16f$ ed in tutte le forme più sceme di volte, l'attrito ha luogo, siasi qualsivoglia la loro spessezza.

Esempio. Qual è l'eccesso della spinta sull'attrito in ordine ad una volta scema con la corda di 8^m e la saetta di $0^m{,}50$? Si ha

$$r = 32{,}5f = 16^m{,}25, \qquad a = 0^m{,}25.$$

La regola del n.° 326, applicata alle volte ad arco di cerchio dà

$$E = \frac{5 \times 32^m{,}500 + 46^m{,}777}{144} = 1^m{,}454,$$

e quindi

$$R = 17^m,704,\ \frac{R}{r} = K = 1,09;$$

ed offrendo la tabella

$$C = 0,02401,$$

si rinviene l'eccesso della spinta sull'attrito essere di

$$3654^{chil}$$

per metro corrente.

325. Delle volte a manico di paniere. Calcoleremo lo spessore dei piedritti delle volte a manico di paniere od a mezza botte, al pari di quello delle volte ad arco di cerchio della stessa corda e saetta.

326. Dello spessore assegnabile alla chiave delle volte. Abbiamo fin qui additati per ogni maniera di volte i limiti infimi delle varie spessezze da darsi alla chiave, necessarie perchè una volta si sostenga senza verun carico. Facciamoci ora a determinare gli spessori in ogni caso competenti, col soccorso della seguente regola pratica stabilita dal Perronnet, cioè

$$E = \frac{5D + 46^m,777}{144},$$

denominando

E il chiesto spessore alla chiave, in metri,

D il diametro della volta se sia a pieno centro, ovvero la corda dell'arco superiore, ove sia di sesto scemo.

Questa formola si applica del pari alle volte a mezza botte ed a quelle ad archi di cerchio, assumendo per diametro quello del cerchio superiore. Se non che, al di là di 30 metri, dà essa una spessezza molto eccedente, nel qual caso prenderemo a scorta il confronto delle esistenti costruzioni.

Degli spessori assegnabili ai muri di rivestimento perchè resister possano alla spinta delle terre.

327. Denominando

x la larghezza della base di un muro di rivestimento,

H l'altezza del rivestimento a partir dalla base,
h la intera altezza del sopraccarico
α il complemento dell'angolo della scarpa naturale delle terre con l'orizzonte,
p il peso del metro cúbo delle terre in chilogrammi,
p' il peso del metro cubo della muratura.

Verremo in chiaro dello spessore x dei muri di rivestimento a faccia verticale, mediante la formola

$$x = 0,865\ (\mathrm{H} + h)\ \mathrm{tang.}\ \tfrac{1}{2}\ \alpha \sqrt{\frac{p}{p'}},$$

la quale rispetto alle terre ed alla muratura ordinaria riducesi ad

$$x = 0,285\ (\mathrm{H} + h).$$

Queste formole sono applicabili da $h = 0$ sino ad $h = 2\mathrm{H}$, il che comprende a un dipresso tutti i casi ordinarî nella pratica delle costruzioni.

328. La quì appresso tabella offre i valori di x o della spessezza dei rivestimenti per le terre e fabbriche diverse con o senza sponda di riparo, e per quelle altezze di sovraccarico le quali sorpassano gli abituali confini della pratica. Essa tabella al pari di quella che segue, ne venne comunicata dal dotto sig. Poncelet, cui andiamo altresì debitori delle formole precedenti attinte in un compiuto lavoro sul conato delle terre, che questo esimio ingegnere renderà quanto prima di pubblico diritto.

TABELLA GENERALE DEGLI SPESSORI, IN FRAZIONE DELL'ALTEZZA DEI RIVESTIMENTI VERTICALI CON SOVRACCARICO DI TERRA, CALCOLATI ESSI SPESSORI NELLA IPOTESI DELLA ROTAZIONE, E DI UNA STABILITA' CHE PAREGGIA QUELLA DEL RIVESTIMENTO MODELLO DEL VAUBAN SENZA CONTRAFFORTI.

VALORI di $a=\frac{h}{H}$	VALORI DI x per $\frac{p'}{p}=1, f=0,6$ essendo la sponda		VALORI DI x per $\frac{p'}{p}=1, f=1,4$ essendo la sponda		VALORI DI x per $\frac{p'}{p}=1,5, f=1$ essendo la sponda			VALORI DI x per $\frac{p'}{p}=\frac{5}{3}, f=0,6$ essendo la sponda		VALORI DI x per $\frac{p'}{p}=\frac{5}{3}, f=1,4$ essendo la sponda	
	nulla.	eguale a 0,2H.	nulla.	eguale a 0,2H.	nulla.	eguale a 0,2H	totale	nulla.	eguale a 0,2H.	nulla.	eguale a 0,2H.
0,0	0,452	0,452	0,258	0,258	0,270	0,270	0,270	0,350	0,350	0,198	0,198
0,1	0,498	0,507	0,282	0,290	0,303	0,306	0,303	0,393	0,398	0,222	0,229
0,2	0,548	0,563	0,309	0,326	0,336	0,342	0,326	0,439	0,445	0,249	0,262
0,3	0,604	0,618	0,338	0,361	0,368	0,375	0,343	0,485	0,489	0,274	0,283
0,4	0,665	0,670	0,369	0,394	0,399	0,405	0,357	0,532	0,522	0,303	0,299
0,5	0,726	0,717	0,402	0,423	0,436	0,434	0,368	0,579	0,549	0,332	0,314
0,6	0,778	0,754	0,436	0,450	0,477	0,457	0,377	0,617	0,572	0,360	0,328
0,7	0,824	0,790	0,472	0,476	0,512	0,481	0,385	0,645	0,593	0,387	0,343
0,8	0,847	0,820	0,510	0,501	0,544	0,504	0,391	0,668	0,610	0,413	0,357
0,9	0,903	0,848	0,541	0,524	0,575	0,523	0,398	0,690	0,624	0,437	0,371
1,0	0,930	0,873	0,571	0,546	0,605	0,540	0,405	0,707	0,636	0,457	0,384
1,2	0,983	0,916	0,632	0,586	0,654	0,574	0,411	0,737	0,655	0,498	0,410
1,4	1,023	0,945	0,684	0,624	0,695	0,602	0,416	0,762	0,672	0,537	0,428
1,6	1,036	0,970	0,730	0,658	0,734	0,622	0,420	0,780	0,685	0,566	0,445
1,8	1,084	0,990	0,772	0,690	0,769	0,640	0,423	0,797	0,697	0,594	0,461
2,0	1,107	1,004	0,812	0,714	0,795	0,655	0,425	0,811	0,705	0,622	0,475
2,5	1,151	1,037	0,902	0,778	0,848	0,690	0,431	0,833	0,722	0,680	0,506
3,0	1,180	1,060	0,981	0,835	0,892	0,717	0,435	0,852	0,731	0,726	6,531

NOTA. In questo specchio f = tang. α, ossia alla tangente dell'angolo della scarpa naturale delle terre con l'orizzonte.

329. OSSERVAZIONE INTORNO ALL'USO DELLA RIPORTATA TABELLA. A potersene valere, si determinerà con l'osservazione il péndio della scarpa naturale delle terre che si denno sostenere, il peso p del metro cubo di esse terre, ed il peso p' della muratura da impiegare, e si farà scelta del valore di x corrispondente a quei tali valori di $\frac{p'}{p}$, di f, e di $a=\frac{h}{H}$, i quali riescono più prossimi a quelli che si saranno rinvenuti.

Esempio. Qual'essere debbe la spessezza di un rivestimento alto 5^m, destinato a sostenere un sovraccarico di 3^m di terra la quale per ogni metro cubo pesa 1350 chilogrammi, mentre il peso di simile metro cubo della muratura ascende a 2250 chilogrammi, ed essendo il valore di $f = 0,60$?

Si ha

$$\frac{p'}{p} = \frac{2250}{1350} = \frac{5}{3},$$

e quindi la tabella darà

$$x = 0,645 \times 5^m = 3^m,225.$$

330. Osservazione relativa ai muri di rinfianco. Osserveremo che la prima linea della tabella corrispondente ad un carico nullo è quella appunto che darà i valori di x o della grossezza del rivestimento pei muri di rinfianco senza carico di terra.

Esempio. Qual sarà lo spessore di un muro di rinfianco alto 6^m, pesando la terra da sostenere chilogrammi 1500 e la muratura 2250^{chil} per metro cubo, ed essendo il valore di f eguale all'unità ?

La tabella porge

$$x = 0,270 \times 6 = 1^m,620.$$

331. Semprechè i valori di $\frac{p'}{p}$ e di f differiranno notabilmente da quei della tabella, si assumerà per x il medio proporzionale tra i valori corrispondenti ai più prossimi dati nella tabella.

332. Trasformazione dei profili a paramenti verticali in profili a paramento esterno inclinato. Poichè non sempre accade che i muri di rivestimento rinvengonsi a faccia verticale, verremo a determinare la spessezza dei muri a paramento esterno inclinato ed a superficie interna verticale, col mezzo del seguente principio:

Tutti i rivestimenti a superficie interna verticale compresa fra zero ed $\frac{1}{6}$, han, meno $\frac{1}{120}$, lo stesso spessore ad $\frac{1}{9}$ della loro altezza al di sopra della base.

Quando la scarpa esterna è inclinata ad $\frac{1}{5}$ lo stesso fatto si avvera, meno però $\frac{1}{71}$.

Dalla qual cosa s'inferisce, che per trasformare un profilo in un altro,

Se si conosce l'altezza H *del rivestimento, l'altezza h del sovraccarico, i pesi p e p' del metro cubo di terra e di muratura, non che l'angolo della scarpa naturale delle terre la cui tangente sia f,*

Si cerchi nella precedente tabella la spessezza del muro a paramenti verticali capace di resistere alla spinta; al nono dell'altezza H *a partir dalla base, si conduca una orizzontale pari alla rinvenuta spessezza, e per l'estremità ch'è verso il paramento esterno, si meni una linea inclinata secondo il pendio che dar si vuole ad esso paramento.*

333. Spessezza delle ture di fabbrica. Determineremo la spessezza delle ture di fabbrica a paramenti verticali, mercè della formola

$$x = 0,865\,(H - h)\sqrt{\frac{1000}{p'}},$$

nella quale si esprimano
H l'altezza del rivestimento,
h l'altezza del livello delle acque di giù in su dal filare superiore di pietre del rivestimento,
p il peso di un metro cubo della fabbrica impiegata.

Esempio. Qual sarà la spessezza di una tura di fabbrica alta 4^m, di cui ogni metro cubo pesa 3000 chilogrammi, nella ipotesi che debba sostener l'acqua a 0^m, 50 al di sotto della sua cima?

La formola offre

$$x = 0,865\ (4 - 0,50) \sqrt{\frac{1000}{3000}} = 1^{m},75.$$

334. Muri a secco. Per solito si assegna a tai muri una spessezza eguale a $\frac{5}{4}$ di quella delle pareti di fabbrica, determinata a tenore delle regole precedenti.

Esempio. Qual sarà la spessezza di un muro a secco alto 3^{m}, destinato a sostenere un parapetto della stessa altezza?

Si ha $$\frac{h}{H} = 1;$$

ed ove si ammetta inoltre che il metro cubo di terra pesi a un dipresso quanto quello della fabbrica a secco, si avrà

$$\frac{p'}{p} = 1;$$

e se $$f = 0,6,$$

la tabella darà per un muro di fabbrica ordinaria in cui la sponda fosse nulla,

$$x = 0,930;$$

e conformemente alla regola testè addotta, otterremo per la spessezza della muraglia a secco

$$0,930 \times 3^{m} \times \frac{5}{4} = 3^{m},49.$$

335. Fondazioni dei muri di rivestimento. Affinchè la fondazione girar non possa intorno all' uno od all' altro de' suoi estremi, fa mestieri che la risultante del conato delle terre, dell'attrito di questo materiale contro la faccia interna, del peso del rivestimento con quanto di maratura vi si trova al di sotto, passi pel centro di gravità della base di essa fondazione.

Per la qual cosa, convien da prima determinare l'intensità,

non che il punto di applicazione e la dirittura della spinta delle terre; a cui perverremo, approssimandoci bastevolmente, col soccorso della qui appresso costruzione:

Si prolunghi la faccia superiore EF (fig.60) *del musso di terra;*

Si abbassi da B *una perpendicolare sulla scarpa naturale* DE, *prolungata la quale si continui insino al suo incontro in* O *con* EF *;*

Si protragga BC *fino a che s'imbatta in* H *con la scarpa esterna* DE;

Dal punto O *come centro e coll' intervallo* OH *si descriva un arco di cerchio* HI:

La spinta sarà espressa da

$$P = \frac{1}{2}\, p\, (BI)^2,$$

dinotando sempre con p il peso del metro cubo delle terre.

Cotesta spinta opera in senso orizzontale e perpendicolarmente alla faccia interna del muro, e con un braccio di leva l'un per l'altro eguale a 0,35BH, a partire dal punto B.

Essendo poi l'attrito delle terre contro la parete, a cagion d'esempio, eguale a 0,6 della pressione, avrà esso per valore

$$\frac{0,6}{2}\, p\, (BI)^2,$$

ed opererà dall'alto in basso nel senso del paramento verticale.

Sarà quindi agevole per le regole conosciute della composizione delle forze, di determinare l'intensità e la dirittura della risultante ad una volta, della spinta, dell' attrito e del peso della muratura.

In sulle prime ci faremo a dedurre l' intensità della componente verticale di essa risultante, indi la mercè dei prodotti della tabella del n.°232 calcoleremo la larghezza del sodo della

fabbrica la cui profondità è nota a priori: si verrà perciò in chiaro del peso della fondazione onde si tratta.

Pel punto *a* (fig. 61) d'incontro di tale risultante *ac* col lembo superiore del basamento, si abbassi una verticale *ab* la cui lunghezza si diffinisca a seconda di una scala proporzionale per rappresentare il peso di esso basamento. Esprimerà la diagonale *ad* la risultante del peso *ab* e della forza *ac*. Dappoi pel punto *e* in cui la protrazione di *ac* incontra la base inferiore del basamento, si conduca *ei* parallela ad *ad*: il punto *i* determinerà la verticale del mezzo del basamento o fondazione.

336. Spessezze dei muri degli edifici civili. Il Rondelet dà le seguenti formole pratiche per diffinire la grossezza dei muri di fabbrica in frantumi od a sacco, di pietre da taglio, e di laterizi.

Contrassegnando con

l la larghezza dell'edificio, assegnabile alle pareti di facciata, ovvero lo spazio da dividere fra i muri partimenti,

h l'altezza delle pareti,

n il numero dei piani ,

e la spessezza delle pareti; della quale si verrà in chiaro mediante le formole

Pei muri di facciata { degli edifici semplici $e = \frac{2l+h}{48} + 0^{m},025$,

degli edifici doppi $e = \frac{l+h}{48}$,

Pei muri partimenti. . . . . $e = \frac{l+h}{36} + n \times 0^{m},013$.

Nota. Si avverta che cotesti spessori si voglion ritenere per la sommità dei muri , ossia per la parte ch' è immediatamente al di sotto dei soffitti, perciocchè in quanto alla loro grossezza all'esterno, debb' ella esser compresa fra $\frac{1}{300}$ ed $\frac{1}{80}$ dell'altezza.

Esempio. Qual sarà lo spessore dei muri di facciata di un

edificio doppio il quale abbia la larghezza $l = 14^m$, e l'altezza complessiva dei varî piani di $13^m,9$?

Essendo il pian terreno alto	$4^m,50$
Il primo piano	$3^m,60$
Il secondo	$3^m,00$
Il terzo	$2^m,80$
	$13^m,90$

La regola testè additata dà pel muro

del pian terreno . . . . $\frac{14 + 13,9}{48} = 0^m,58,$

del primo piano . . . . $\frac{14 + 9,4}{48} = 0^m,49,$

del secondo. . . . . $\frac{14 + 5,8}{48} = 0^m,42,$

del terzo . . . . $\frac{14 + 2,8}{48} = 0^m,35.$

337. Dimensioni dei membri di legname componenti i cavalletti di varie forme e grandezza. Presentiamo una tabella estratta dal corso di costruzione della scuola di Metz in dove si rinverranno le dimensioni ordinarie dei membri di legno ch'entrano a far parte dei cavalletti od incavallature, che dir si vogliono, di legname.

	LARGHEZZA dell' edificio da dentro a dentro.	TIRANTE che non sostenga pavimento.	TIRANTE che sorregge un pavimento.	ASTICCIUOLA ripiegata	SAETTONE. o gamba di forza.	PUNTONE.	MONACO.	RAZZI.	MONACHINO.
Cavalletto semplice...............	m. 6	cent. 27 a 24	cent. 32 a 27	cent. »	cent. »	cent. 22 a 19	cent. 19 a 19	cent. »	cent. 16 a 16
	9	33 30	40 32	»	»	26 24	24 24	»	19 19
	12	40 36	47 37	»	»	32 30	30 30	»	21 21
Cavalletto ad asticciuola e puntone che dal comignolo procede al tirante.	6	»	42 30	21 19	»	22 19	19 19	19 15	15 15
	9	»	52 30	27 24	»	26 24	24 24	24 18	18 18
	12	»	63 45	33 30	»	32 30	30 30	30 22	22 22
Cavalletto con asticciuola e saettone..............	6	»	42 30	21 19	24 19	18 15	15 15	19 15	14 14
	9	»	52 37	27 24	29 24	22 18	18 18	24 18	16 16
	12	»	63 45	33 30	35 30	27 22	22 22	30 22	18 18
Cavalletto per coperti alla mansarda..........	6	»	42 30	23 20	22 20	20 18	18 18	20 15	14 14
	9	»	52 37	30 27	29 27	25 23	23 23	27 18	16 16
	12	»	63 45	36 33	34 33	30 28	28 28	33 22	18 18

LEGNO COMPONENTI LE INCAVALLATURE DI VARIE FORME E GROSSEZZE.

CINTURE.	COLMERECCIO.	TEGOLINO.	PARADOSSI.	ASTICCIUOLE.	BECCATELLI e biette.	CORRENTI.	SPERONI.	PIANE o travicelli.	ESTREMITA' delle piane.	PEZZI di gronde.
cent. 16 a 16	cent. 19 a 16	cent. 15 a 15	cent. 19 a 19	cent. »	cent. 19 a 19	cent. 23 a 12	cent. »	cent. 9 a 9	cent. 8 a 7	cent. 16 a 3
19 19	20 17	16 16	20 20	»	20 20	25 14	»	10 10	9 8	18 4
21 21	22 19	17 17	22 22	»	22 22	28 16	»	11 11	10 9	20 5
15 15	19 16	15 15	19 19	»	19 19	23 12	»	9 9	8 7	18 3
18 18	20 17	16 16	20 20	»	20 20	25 14	»	10 10	9 8	18 4
22 22	22 19	17 17	22 22	»	22 22	28 16	»	11 11	10 9	20 5
14 14	19 16	15 15	19 19	19 19	19 19	23 12	18 14	9 9	8 7	16 3
16 16	20 17	16 16	20 20	20 20	20 20	25 14	20 15	10 10	9 8	18 4
18 18	22 19	17 17	22 22	22 22	22 22	28 16	22 16	11 11	10 9	20 5
14 14	19 16	15 15	19 19	20 20	19 19	23 12	18 14	9 9	8 7	16 3
16 16	20 17	16 16	20 20	21 21	20 20	25 14	20 15	10 10	9 8	18 4
18 18	22 19	17 17	22 22	23 23	22 22	28 16	22 16	11 11	20 9	20 5

338. Regole per la struttura dei pavimenti. Il Rondelet assegna alle travi dei solari che trovansi discoste le une dalle altre per quanto è la loro grossezza, un' altezza eguale ad un $\frac{1}{24}$ della loro misura longitudinale.

La distanza ordinaria delle travi sulle quali si adattano altre travi per traverso di minore spessezza, è di 12 piedi. La riquadratura di codesti membri debb' essere di $\frac{1}{18}$ della loro lunghezza.

399. Regola del Tredgold. Pavimenti semplici costituiti da una sola fila di travi. Contrassegnando con

c la lunghezza in metri,

b l'altezza, idem,

a la larghezza, idem,

Calcoleremo l'altezza delle travi la cui dimensione in largo non debb'essere al di sotto di 0m,050, la mercè delle formole, pel legname di

abete, ... $b = 0{,}0363 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$,

quercia, ... $b = 0{,}0376 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$.

Esempio. Qual sarà l'altezza delle travi di abete di un pavimento semplice lungo 6m, essendo le medesime larghe 0m,10?

La formola porge

$$b = 0{,}036 \sqrt[3]{\frac{36}{0{,}10}} = 0^m{,}257.$$

340. Pavimenti composti. Determineremo lo spessore delle travi principali la cui distanza dall'una all'altra non ecceda i metri 3, mediante le formole, per quelle di

abete, ... $b = 0{,}0688 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$,

quercia, ... $b = 0{,}0711 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$.

Esempio primo. Diffinire l'altezza delle travi principali di un pavimento in quercia composto, sopra un ambiente lungo m. 8, stabilendo a 0^m,25 la loro larghezza a.

La formola porge

$$b = 0^m{,}0711 \sqrt[3]{\frac{64}{0{,}25}} = 0^m{,}454.$$

Calcoleremo lo spessore delle minori travi trasversali adattate sulle più robuste travi inferiori, e distanti al più 1^m,30 a 2^m,00, valendoci delle formole, rispetto a quelle di

abete, ... $b = 0{,}0560 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$,

quercia, ... $b = 0{,}0578 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$.

Esempio secondo. Diffinire l'altezza delle piccole travi di quercia dei pavimenti or dianzi rammentati, essendo esse larghe 0^m,10, e trovandosi le travi di sotto discoste 2^m,50 le une dalle altre.

La formola dà

$$b = 0^m{,}0578 \sqrt[3]{\frac{6{,}25}{0{,}10}} = 0^m{,}228.$$

Le dimensioni delle travi superiori si determinano in consonanza delle formole dei pavimenti semplici, n. 339.

Conosceremo l'altezza delle travi inferiori le quali si adoperano per istabilirvi su i panconcelli, ed a cui non vuolsi dare una larghezza a maggiore di 0^m,05, mediante le formole, relativamente a quelle di

abete, ... $b = 0{,}0104 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$,

quercia, ... $b = 0{,}0109 \sqrt[3]{\frac{c^2}{a}}$.

Esempio terzo. Diffinire l'altezza delle travi inferiori di abete del precedente solaio, essendo esse larghe 0m,030, e ritrovandosi le travi di sopra discoste m.2 le une dall'altre. Si ha dalla formola

$$b = 0{,}0104 \sqrt[3]{\frac{4}{0{,}03}} = 0^m{,}053.$$

RISULTAMENTI

INTORNO ALL' EFFETTO UTILE DEI MOTORI

E DELLE MACCHINE.

Abbiamo messo insieme nei seguenti specchi i vari risultamenti ottenuti intorno all' effetto utile dei motori animati, degli organi intesi all' esaurimento dell'acqua, ed alla quantità di lavoro che debb' esser trasmessa onde porre in moto le macchine inservienti alla fabbricazione. Per vero, coteste risultanze non sono al certo sì numerose nè compiute a segno da soddisfare a tutte le condizioni; ma se gli ufiziali e gl'ingegneri che leggeranno il presente manuale si determinano a raccorre i dati che lor somministrano gli svariati stabilimenti d'industria ne'quali per avventura si conducono a disaminare, ed a farne partecipe l'autore, ci si vedrà, la mercè loro, in grado di ultimare gli specchi onde favellasi, i quali mettiamo pegno saranno per riescir grandemente profittevoli ai pratici che vi ricorrono.

341. RISULTAMENTI INTORNO ALLA QUANTITA' DI LAVORO CHE SOMMINISTRAR POSSONO L'UOMO E GLI ANIMALI.

NATURA DEL LAVORO.	PESO innalzato o sforzo medio esercitato.	VELOCITA' o cammino per ogni secondo	LAVORO per ogni secondo.	DURATA del lavoro quotidiano.	QUANTITA' di lavoro quotidiano.
INNALZAMENTO VERTICALE DE' PESI.	chil	m	chm	ore	chm
Un uomo che ascende una rampa facile od una scala, senza carico, ammesso che il suo lavoro consista in elevare il peso del suo corpo . . .	65	0,15	9,75	8	280800
Un manovale che solleva dei carichi col mezzo di una fune e di una poleggia, obbligato a far discendere vuota essa fune	18	0,20	3,60	6	77760
Un manovale che solleva pesi con le mani semplicemente.	20	0,17	3,40	6	73440
Un manovale che solleva pesi o che li trasporta a spalla, montando una rampa od una scala e ritornando scarico	65	0,04	2,60	6	56160
Un manovale che trasporta materiali con una carriuola lungo una rampa di 1/12 e che ritorna scarico . .	60	0,02	1,20	10	43200
Un manovale che eleva terreni col mezzo di una pala all'altezza media di 1m. 60.	2,7	0,40	1,08	10	38880
AZIONI SULLE MACCHINE.					
Un manovale che opera sur una ruota a pivoli od a tamburo.					
1°. A livello dell'asse della ruota	60	0,15	9,00	8	259200
2°. Verso l'ingiù della ruota od a 24°	12	0,70	8,40	8	251120
Un manovale che cammina e spinge o che tira orizzontalmente	12	0,60	7,20	8	207360
Un manovale che opera sur un manubrio.	8	0,75	6,00	8	172800
Un manovale solerte che spinge e tira alternamente in senso verticale.	5	1,10	5,50	8	158400
Un cavallo attaccato ad un solido veicolo ordinario e che va di passo	70	0,90	63,00	10	2168000
Un cavallo attaccato ad un carro da maneggio e che va di passo . . .	45	0,90	40,50	8	1166400
Idem di trotto	30	2,00	60,00	4,5	972400
Un bue attaccato ad un carro e che va di passo.	65	0,60	39,00	8	1123200
Un mulo attaccato del pari che va di passo	30	0,90	27,00	8	777600
Un asino idem	14	0,80	11,60	8	334080

342. Può in alcune occasioni tornar utile di conoscere lo sforzo che un manovale di ordinaria robustezza è atto ad esercitare per breve intervallo di tempo su di alcuni apparati o utensili; il perchè n'esibiamo il valore nello specchio quì appresso.

SFORZO CHE UN MANOVALE DI ORDINARIA ROBUSTEZZA PUÒ ESERCITARE IN BREVE INTERVALLO DI TEMPO.

INDICAZIONE DEGL'ISTROMENTI.	SFORZI in chilogrammi.
Una pialla da bottaio	45
Un succhiello con ambe le mani	45
Una chiave da madreviti	38
Una morsa ordinaria che operi sulla chiave	33
Una forbice in senso verticale	33
Un manubrio	30
Una tanaglia che operi per compressione	27
Una pialla a mano	23
Una morsa a mano	20
Una sega a mano	16
Un trapano	7
Un piccolo caccia vite, o girando col pollice e con le dita	6

343. RISULTAMENTI INTORNO ALL' EFFETTO UTILE DELL' UOMO E DEGLI ANIMALI IMPIEGATI NEL TRASPORTO ORIZZONTALE DEI PESI.

NATURA DEL TRASPORTO.	PESO tras-portato.	VELOCITA' o cammino per secondo.	EFFETTO utile per secondo espresso in chilogrammi trasportati in metri	DURATA dell' azione quotidiana	EFFETTO utile per giorno.
	chil	m	chm	chil	chm
Un uomo che cammina su di un piano orizzontale senza carico, riponendosi il suo lavoro nel trasporto del peso del suo corpo	65	1,50	97,5	10,0	3510000
Un manovale trasportando materiali in una piccola carriuola a due ruote e ritornando scarico	100	0,50	50,0	10,0	1800000
Un manovale trasportando materiali in un carretto e ritornando vuoto in traccia di nuovo carico. . .	60	0,50	30,0	10,0	1080000
Un viaggiatore con fardello in spalla	40	0,75	30,0	7,9	756000
Un manovale trasportando materiali in ispalla e ritornando vuoto in traccia di nuovo carico.	65	0,50	32,5	6,0	702000
Un manovale trasportando una soma sovra barella e ritornando vuoto in traccia di nuovo carico	50	0.33	16,5	10,0	594000
Un cavallo trasportando materiali in una carretta e camminando di passo	700	1,10	770,0	10,0	27720000
Un cavallo attaccato ad una carrozza e trottando del continuo carica to.	350	2,20	770,0	4,5	12474000
Un cavallo trasportando pesi su di una carretta e ritornando vuoto in traccia di nuovo carico	700	0,60	420,0	10,0	15120000
Un cavallo caricato a schiena e che va di passo.	120	1,10	132,0	10,0	4752000
Un cavallo caricato a schiena e che va di trotto	80	2,20	176,0	7,0	4435000

344. RISULTAMENTI SULL'EFFETTO UTILE DEI VARÎ MEZZI DI ESAURIMENTO E DI ELEVAZIONE DELLE ACQUE.

Nota. L'effetto utile additato nello specchio che segue vien misurato dal prodotto del peso dell'acqua elevata, per l'altezza cui perviene.

MOTORI ED ORGANI ADOPERATI.	EFFETTO utile.	RAPPORTO tra l'effetto utile ed il lavoro sviluppato dal movente.
	chm	
Aggottamento a braccia. Un uomo con una secchia leggiera lavorando 8 ore al giorno	46000	
Gotazza ordinaria. Un uomo lavorando 8 ore al giorno	48000	
Gotazza olandese. Un uomo lavorando 8 ore al giorno.	120000	
Secchia ad altaleno. Un uomo lavorando 8 ore per		
giorno se l'acqua è { da 2 a 3m di profondità . .	60000	
giorno se l'acqua è { da 4 a 5m e più	70000	
Pozzo solito con fune e puleggia. Un uomo lavorando 8 ore per giorno	77000	
Pozzo molto profondo con verricello a volante ed a manubrio. Un uomo lavorando 8 ore per giorno . .	170000	
Carro da ortolano in 8 ore di lavoro		
Un uomo	280000	
Un cavallo ed un mulo.	1166000	
Un bue.	1120000	
Un asino.	334000	
Macchina a gerle inclinata, in 8 ore di lavoro.		
Un uomo applicato al manubrio il quale non faccia più di 30 giri in 1′.	68000	
Un cavallo.	449000	0,38
La velocità del bindolo non debb'eccedere un 1m, 50 in 1′.		
Macchine a gerle verticale, in 8 ore di lavoro.		
Un uomo applicato al manubrio.	115000	
Un cavallo		
Noria perfezionata dal Gateau.		
Il rapporto dell'effetto utile al lavoro sviluppato dal	647000	

MOTORI ED ORGANI ADOPERATI.	EFFETTO utile.	RAPPORTO tra l'effetto utile ed il lavoro sviluppato dal movente.
movente varia a seconda della profondità cui la macchina attigne l'acqua.	chm	
Per la profondità di 1m è desso eguale a	. . . . . .	0,48
id. 2 id.	. . . . . .	0,57
id. 3 id.	. . . . . .	0,63
id. 4 id.	. . . . . .	0,66
id. 6 e al di là, è desso eguale a . .	. . . . . .	0,70
Noria del Burel in ore 8 di lavoro.		
Un cavallo	671000	
Un asino	334000	0,58
Ruota chinese mossa da uomini stabiliti all'altezza dell'asse sur una ruota a pivoli, un uomo in 8 ore.	144864	0,58
L'acqua è innalzata a 0m,50 ed a 0m,60 per lo manco, superiormente al livello del serbatoio.		
Ruota a timpano mossa da uomini stabiliti all'ingiù di una ruota, un uomo in 8 ore.	211000	0,80
Ruota a cassetta	»	0,60
Ruota ad ali piane imboccata in una gora circolare, detta essa ruota Flashwheel	. . . . . .	0,70
Vite d'Archimede, un uomo in 8 ore.	100000	0,70 a 0,75
Il diametro esterno è per lo più 1/12 della vite, quello del nucleo od anima è 1/3 di esso diametro esterno. Debbono esservi tre spire intere il cui delineamento fa coll'asse un angolo di 67 a 70°. La più opportuna inclinazione dell'asse della vite sull'orizzonte è da 30 a 45.°		
Ariete idraulico. Le risultanze che si ottengono con simile apparato furon peculiare subietto alle osservazioni dell'Eytelwein, e trovansi inserite nello specchio qui appresso.		

NUMERO de' battimenti delle valvole.	VOLUME d'acqua erogata.	ALTEZZA di caduta.	LAVORO assoluto del movente.	VOLUME di acqua innalzata.	ALTEZZA cui perviene.	EFFETTO utile.	RAPPORTO tra l'effetto utile ed il lavoro sviluppato dal movente.
		m	chm		m	chm	
66	48,4	3,066	148,0	15.40	8,02	123,5	0,835
54	63,5	3,099	196,5	17,42	9,86	172,0	0,875
50	54.6	3,027	165,0	11,92	11,78	140,3	0,851
52	37,1	2,437	90,2	7,67	9,86	75,6	0,840
45	49,8	2,661	135,0	9,52	11,78	112,0	0,830
42	45,1	2,262	102,0	6,82	11,78	80,3	0,787
36	40,4	1,843	74,4	4,78	11,78	56,3	0,758
26	23,8	1,386	33,0	2,25	9,86	22,2	0,667
31	36,6	1,543	56,4	3,20	11,76	37,6	0,667
23	50,5	1.255	63,4	2,95	11,78	34,7	0,547
17	49,1	0,915	44,8	2,18	9,81	21.4	0,477
15	56,1	0,981	55,0	1,65	11,78	19,4	0,353
14	54,8	0,758	41,6	1,00	11,78	11,8	0,284
10	44,6	0,901	26,8	0,41	11,78	4,8	0,179

L' Eytelwcin addita le proporzioni che seguono come le più confacenti alla costruttura degli Arieti idraulici.

La lunghezza del corpo del tubo conduttore pareggiar debbe l' altezza cui l'acqua perviene, aumentata di due volte il rapporto di tale altezza a quella della caduta.

Agguagli il diametro di esso tubo 1,7 volte la radice quadrata del volume d'acqua erogata; il che importa di far prendere all' acqua una velocità di $1^{m},82$ in $1''$; e pareggi il diametro del tubo di ascensione la metà di quello del conduttore. Si eviti di incurvarlo nel suo estremo.

Sieno le due valvole assai dappresso l'una all'altra. In genere si preferiscono quelle a piastra così dette, alle altre a cerniera; ma pei tubi di $0^{m},30$ di diametro in sopra, possono adottarsi queste ultime.

L' orifizio della valvola di chiusura facciasi eguale all' area del tubo di condotta. Abbia la valvola di ascensione la medesima superficie e facciasi quanto più leggiera è possibile.

Il serbatoio d'aria presenti una capacità eguale a quella del tubo di ascensione.

MOTORI ED ORGANI ADOPERATI.	EFFETTO utile.	RAPPORTO tra l'effetto utile ed il lavoro sviluppato dal movente.
	chm	
Apparati a colonna d' acqua di Reichenbach . . .	»	0,50
Tromba di esaurimento nelle miniere.		
Risultamento di otto macchine a bassa pressione in Anzin e della tromba del Gros-Caillou	»	0,66
Nota. Assumeremo quì pel lavoro sviluppato dal movente quello che la macchina *utilizza*, ed osserviamo che la lunghezza dei tubi di ascensione produce considerabile disperdimento.		
Tromba della salina di Dieuze.		
Essendo la quantità di lavoro utilizzata dalla ruota idraulica di 228chm		
L'effetto utile sarà 115chm	. . . . .	0,523
Il volume d'acqua innalzato corrisponde a' 4/5 del volume ingenerato dagli emboli. Lo sviluppo dei condotti di acqua dolce è di 361m, ed il diametro loro di 0m,06. Lo sviluppo dei condotti di acqua salsa è di 636m, ed il diametro loro di 0m,108. L'acqua viene innalzata a 16 o 18m soltanto.		

Nella costruzione delle trombe vogliosi osservare le regole qui appresso:

La velocità degli emboli si aggiri tra 0m,16 e 0m,25 per secondo.

L'area della luce mascherata dalle valvole pareggi la metà circa di quella del corpo di tromba.

Il diametro del tubo di aspirazione e quello del tubo di condotta agguaglino ciascuno i 2/3 di quello del corpo di tromba.

Il corso degli emboli delle grandi trombe sia di 1m ad 1m,50.

La capacità che nuoce si riduca alla minima possibile.

Nelle trombe in buon essere, le dispersioni con altre perdite cagionate dal rimaner le valvole lungo tempo chiuse, riducono per solito il prodotto ai 4/5 del volume ingenerato dall' embolo.

NATURA DELLE MACCHINE, e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
MOLITURA DELLE FARINE.	chm	
Antico mulino alla francese, in Senelle, presso Longwy.		
Diametro delle macine . . . . $1^m,78$		
Numero di giri delle macine in 1′ 70		
Tali macine trovavansi ripuntc di fresco a colpi perduti, la molitura molto compatta e destinata alla manutenzione di viveri da guerra; i prodotti si facevano cernere.		
Quantità di frumento macinato ad ora . . $118^{ch},30$	352	3,34
Mulino all'inglese, in Lonjau, presso Metz.		
Diametro delle mole . . . . $1^m,30$		
Numero di giri delle mole in 1′ . . . . . 80 a 100		
Peso delle mole . . . . 1000^{chil}		
Quantità di frumento macinato da un apparato in un'ora . . . . 100^{chil}		
Macchine in attività. . { due apparati . . . . . . / una buratteria a spazzole. / un turare	637	8,50
Assetto all'inglese in Regret presso Verdun.		
Diametro delle mole . . . . $1^m,30$		
Numero di giri delle mole in 1′ 90		
Quantità di frumento macinato da ogni apparato . . . . 100^{chil}		
Macchine in attività. — Due apparati	422	5,64
Macchine accessorie per la preparazione delle farine in Regret presso Verdun.		
Macchine in attività . { due buratterie a spazzola. / un *tarare*		
Quantità di frumento stacciato in 24 ore per ogni buratteria . . . . 750^{chil}	486	6,50

* È indarno il venire qui rimemorando che per quantità di lavoro trasmessa dal movente intender si dee l'effetto utile ch'ella produce. Così nel rispetto di una ruota idraulica è la quantità di lavoro effettivamente trasmessa dall'acqua alla sua circonferenza esterna. (Veggansi i ni. da 83 a 106). In ordine ad una macchina a vapore, è dessa la quantità di lavoro trasmessa all'albero del volante, la quale diffalcasi dalla di lei forza reale in cavalli, moltiplicando questa per 75^{chm}. (Veggansi i ni. da 169 a 180).

NATURA DELLE MACCHINE, e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Macchina da Vermicelli in Ars presso Metz.		
Diametro della mola verticale { esterno . . 1m,70 / interno . . 1m,60		
Numero di giri dell' albero della mola in 1'... 4		
Peso della pasta preparata in un' ora 35chil	221	2,95
MOLINI DA SEGA.		
Mulini da sega di tre apparati in Metz, a manubrio ed a volante.		
Il moto vien trasmesso all' albero della manovella col mezzo di una correggia.		
Peso del telaio 383chil		
OSSERVAZIONE PRIMA. Natura del legno segato: quercia secca, 0m,222 alta.		
Numero di lame 1		
Numero di colpi di sega in 1'. 88		
Superficie segata in 1' 0mq,0488	249	3,33
OSSERVAZIONE SECONDA. Lo stesso legno.		
Numero di lame. 4		
Numero di colpi per ogni sega 79		
Superficie segata in 1', 0mq,161, ovvero per ogni lama . . . . 0mq,04025.	277	3,70
OSSERVAZIONE TERZA. Natura ed età del legno segato: quercia da 4 anni recisa ed alta 0m,315.		
Numero di lame 4		
Numero di colpi per ogni sega in 1' . . 90		
Superficie segata in 1', 0mq,131, e per ogni lama . . . . 0mq,033.	337	4,50
OSSERVAZIONE QUARTA. Natura ed età del legno segato: faggio da un anno reciso, di forma cilindrica, col diametro medio di 0m,60.		
Numero di lame 1		
Nnmero di colpi di sega in 1' 88		
Superficie segata in 1' 0mq,190	225	3,00
Nelle precedenti osservazioni la sega di acciaio laminato formava un taglio nel legname largo 0m,004.		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavallo.
Siffatte risultanze appalesano che per mettere in moto parecchie lame non occorre una forza maggiore di quella che conviene per una sola ; il che dipende dalla grande preponderanza del peso del telaio sulla resistenza.	chm	
Sega circolare nel mulino dei Trois-Tournans in Metz.		
Diametro della sega 0m,70		
OSSERVAZIONE PRIMA. Natura del legno segato: quercia da un anno recisa, alta 0m,222.		
Numero di giri della sega in 1' 266		
Superficie segata 0mq,18	266	3,55
OSSERVAZIONE SECONDA. Natura del legno segato: abete di tavole secche, larghe 0m,25, ed alte 0m,027.		
Numero di giri della sega in 1' 244		
Superficie segata in 1' 0mq,75	552	7,35
NOTA. Codeste risultanze additano, che per lo spaccio delle minuterie di legno una sega circolare compie tant' opera quanto quattro seghe verticali nel tempo stesso e con una eguale forza motrice.		
Osserveremo poi che la superficie segata dianzi riferita è il prodotto dell' altezza del legno per la lunghezza segata e non per la somma delle due facce segregate dall'ordigno, come si calcola d'ordinario nello smercio di simile legno.		
Mulino da sega dei legni d'impiallacciatura.		
Lunghezza del corso della sega 1m,20		
Spessore { della lama 0m,00033		
Spessore { del taglio della sega nel legname 0m,00060		
Lunghezza dei denti per l' acaice e per altri legni preziosi 0m,005		
Intervallo dei denti in senso longitudinale della sega 0m,010		
Quantità che l'ordigno sega ad ogni colpo. . . . . 0m,0005 a 0m,0010		
Numero di colpi della sega in 1'. 180		
Superficie segata in 1' (computando le due facce) 10mq	50	0,66

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.		QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
		chm	
Macchine da cardare i panni.			
Manifattura in Sedan; stabilimento della Vergine.			
Numero di apparati da cardare mossi dal vapore.	50	1500	20,00
Numero di apparati mossi dalla forza di cavallo	2,46		
Tre cavalli pongono in moto quattro lanifici		100 a 120	1,33 a 1,6
Quattro uomini applicati ad una manovella pongono in moto un lanificio		24	0,33
Stabilimento della spianata in Sedan *			
Numero di lanifici mossi da macchina a vapore	19	536	7,15
Numero di apparati mossi dalla forza di cavallo	2,66		
Tessitoria meccanica delle tele di cotone alla Broque (Vosges).			
Numero e specie di apparati mossi dalla ruota.			
Filatoio	260		
Ordigni da aggiustare	15		
Rocchetti	5		
Orditoi	8		
Piccole trombe	6	1500	20,00
Prodotto in un mese	86400m	1800	24,00
Numero di telai mossi dalla forza di cavallo compresi gli ordigni accessori, l'un per l'altro	12		
Tessitoria meccanica in Grand-Fontaine (Vosges).			
Numero e specie di apparati mossi dalla ruota.			
Filatoio	60		
Ordigni da aggiustare	5		
Orditoi	3		
Rocchetti	2		
Prodotto di ogni mese, 450 pezze di tela, idem di altra specie di tela detta Cretonne di cotone di 4/4 e 30 aune lunga.		600	8

* Dobbiamo questa osservazione e la precedente al sig. Poncelet.

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.		QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavallo.
		chm	
FILANDE DI COTONE.			
In Logelbach presso Colmar.			
Numero e specie di apparati mossi dalla ruota idraulica.			
Telai da filare di 320 a 400 fusi	80		
Cardi	86		
Scanni di 88 fusi ciascuno	8		
Scanni da fusi in grande	6		
Distenditoi	5		
Numero complessivo dei fusi da 26 a 30	28000	3535	47,25
Numero di fusi con gli ordigni accessori mossi dalla forza di cavallo	593		
In Rothau (Vosges)			
Numero di fusi con gli ordigni accessori mossi dalla ruota	11000	2193	29,20
Numero di fusi da 28 a 60 mossi dalla forza di cavallo	377		
NOTA. In questa manifattura le trasmissioni di moto son pesanti.			
In Schirmeck (Vosges).			
Numero e specie di apparati mossi dalla ruota.			
Scardassi doppi	10		
Scardassi semplici	46		
Scanni da strettoi	5		
Scanni da lanterne	8		
Scanni da fusi di fino	3		
Filatoio	60		
Numero complessivo di fusi da 36 ad 80	14634	2100	28,00
Numero di fusi da 36 ad 80 con gli ordigni accessori mossi dalla forza di cavallo	520		
Ruota idraulica della nuova filanda di Senones (Vosges).			
Apparati mossi dalla ruota.			
Filatoio	62		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.		QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavallo.
		chm	
Fusi da 40 a 44	15000		
Scanni da fuso.	8		
Ordigni da aggiustare	4		
Tessitoi, ossia telai da tessere	24	2314	30,9
Scardassi	70		
Peso del cotone filato in ogni anno . . .	90000chil.		
Prodotto d' un tessitore per giorno in 3/4	10aune		
Filanda del Castello.			
Numero d' apparati mossi dalla ruota.			
Tessitore da 60	40		
Scardassi.	42		
Strettoi	3		
Scanni da fusi	4	1025	13,7
Prodotto in un mese di cotone filato del n. 60.	3025chil.		
In Mulhouse.			
Numero di fusi mossi dalla macchina con gli ordigni accessori	12800	1875	25,00
Numero di fusi mossi dalla forza di cavallo	512		
In Guebwiller (Alto-Reno).			
Numero di fusi con gli ordigni accessori mossi dalla ruota idraulica (dei quali la metà fila i ni. da 30 a 50, e l'altra metà i ni. da 50 a 100).	23000	3600	48,00
Numero di fusi con gli ordigni subalterni mossi dalla forza di cavallo.	480		
NOTA. Quando la ruota in questa manifattura pone in moto tutte le comunicazioni, il suo effetto utile raggiugne 1110chm, o 14ch,8. — La forza di cavallo equivale adunque alle resistenze passive di 1554 fusi con gli ordigni accessori, o che torna lo stesso, le resistenze passive de' 500 fusi esigono 0,322 della forza di cavallo.			
Osservazione generale sulle risultanze relative alle filande.			
Dacchè si effettuarono gli addotti esperimenti, la manifattura del cotone filato ha conseguito notevoli			

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
perfezionamenti ed impiega inoltre nuovi apparati accessorî, in guisa che non si può più far capitale su questo, che una forza di cavallo faccia muovere 500 fusi, bensì 400 a 450 soltanto per quelli da 40 a 60 co'loro subalterni ordigni.	chm	
D'ordinario si stima che un apparato da aggiustare riscuota per lo manco la forza di un cavallo.		
CARTIERE *a pestelli in Ars, presso Metz.*		
Peso de' pestelli 110chil		
Distanza del centro di gravità dall'asse di rotazione. 1m,25		
Elevazione del centro di gravità nell'atto dell'alzata 0m,088		
Numero di pestelli 16		
Numero di alzate in 1' {di ciascun pestello . 55 {di tutt'i pestelli . . . 880		
Peso degli stracci tritati in 12 ore da ogni pestello 15ch		
Peso della pasta prodotta id. 10	202	2,70
Effetto utile corrispondente all'elevazione di un pestello . . . . . . 110ch × 0m,088 = 9chm,68		
Lavoro del movente in ogni alzata $\frac{202\times60}{880}=13,79$		
Cilindri per preparar la pasta in Ars.		
Numero dei cilindri in attività 2		
Numero di giri dei cilindri in 1'. . . 220	336	4,48
Peso dei cenci dilacerati e raffinati in 12 ore. 240chil		
Qualità delle paste : media.		
Altro stabilimento dello stesso genere in Ars.		
Numero di cilindri in attività. 2		
Numero di giri dei cilindri in 1'. . . 220		
Peso dei cenci dilacerati e raffinati in 12 ore . . . . 200 a 225chil	415	5,54

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del movente in cavallo.
	chm	
In Vasselonne (Basso-Reno).		
Un cilindro da preparare la pasta di mezzana qualità fabbrica 216^{chil} in 24 ore	413	5,50
Numero di cilindri in attività {uno sgrossatore; un raffinatore} 2		
FABBRICA DI CRISTALLI.		
Mulino da minio in Baccarat (Meurthe).		
Numero di botti da stritolare 3		
Numero di giri degli alberi verticali in 1' . . . . . . {prima botte. . . 20; seconda botte. . 25; terza botte . . . 40}	403	5,28
Macine verticali da stritolar le terre ed i rottami di crogiuolo in Baccarat.		
Diametro / Spessore / Peso {delle macine di granito, dei Vosges 1^m,13; id . . . . 0^m,43; Id. . . . . 1120^{chil}}		
Distanza del piano di mezzo delle macine dall' albero verticale . . . . 1^m,20		
Numero di giri dell' albero delle macine in 1'. 7,50	135	1,92
Prodotto :		
Frantumi di antichi crogiuoli detti *scaglie di pentole*; in 12 ore fannosi 6 ad 8 carichi di cui ciascuno dà 145^{chil} di materia stritolata di sabbia fina. Totale. . . 870 a 1160^{chil}		
Terra grassa arida, circa 3000		
Lavorerìa dei cristalli in Baccarat.		
OSSERVAZIONE PRIMA. *Gran ruota di fianco.*		
Ordigni mossi dalla ruota.		
Torni per i cristalli 170		
Torni per prepar le mole 5		
Torni di metallo 2		
Numero di torni mossi dalla forza di cavallo. 9,5	1320	17,90
Ruota ad ali curve.		
Numero di torni mossi dalla ruota 90	800	10,00
Numero di torni mossi da forza di cavallo 9		

NATURA DELLE MACCHINE a dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Barenatura delle canne di bronzo; macchine a vapore della fonderia di Dauai.		
Nnmero di giri delle canne in 1'. 10 a 12 al più		
Numero di banchi mossi dalla macchina a vapore 4	900	12,00
Ruota idraulica della Fonderia di Tolosa.		
Nnmero di banchi mossi dalla rnota 4	900 a 975	12 a 13
Traino della fonderia di Strasburgo.		
Quattro cavalli legati ad un *traino* fanno il servizio di un banco	160 a 200 al più	2,14 a 2,67
Osserveremo che qualora si tratti di sgrossare i pezzi e di altre più scabre operazioni, il passo dei cavalli si rallenta, essendochè restano essl molto affraliti di forze.		
Barenatura delle canne di ferro fuso in Ruelle presso Angoulême		
Per un banco	150 a 225	2 a 3
Trapani p:r cilindro di macchine a vapore e di apparati soffianti.	150 a 225	2 a 3
Fabbrica di affilatura delle grandi seghe della grossa merceria (chincailleries).		
Apparati mossi dalla ruota, e dati varî.		

INDICAZIONE delle mole.	NUMERO.	DIAMETRO.	NUMERO di giri in 1'	QUANTITA'	FORZA
		m			
Mole per le grandi seghe	2	2 a 2,10	72		
Mole per arnesi di artigiani	2	2,00	72		
Piccola mola	1	1,50	204		
Lisciatoio per le seghe		1,30	476		
Piccoli lisciatoi per gli arnesi	4	0,60 a 0,80	700 a 600	900	12

Un apparato soffiante per un raffinatore di acciaio, si stima 1,50 cavalli.

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmesso dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Fabbrica di affilatura delle punte di Parigi in Fleur-Moulin (Moselle).		
Numero delle mole in attività 8	318	4,25
*Ruota di purgo detta Washweel * adoperata nelle fabbriche d'Indiane.*		
Diametro del cilindro 2m		
Larghezza id 0m, 80		
Numero di giri della ruota di purgo in 1'. 25		
Numero di ruote di purgo in attività .. 2	236	3,15
Ordigno ad olio presso Metz.		
Peso delle mole 3000ch		
Quantità di giri dell'albero verticale in 1'. 6		
Peso dei noccioli che si caricano ad ogni intervallo di 10' 25ch		
Peso dei noccioli triturati in un giorno . 1500		
Prodotto di olio in 12 ore 600	203	2,72
Ordigno ad olio mosso da un cavallo che lavora 9 ore al giorno ed il quale si ricambia con un altro.		
Prodotto in 18 ore: tre botti di 98chil o 294ch	40	0,53
Numero di giri dell'albero verticale in 1'. 4 a 5		
FERRIERE		
Becard in Moyeuvre.		
Numero di pestoni in tre batterie 44		
Peso di un pestone 85chil		
Alzata del pestone 0m, 33		
Numero per ogni alzata di ciascun pestone ad ogni giro dell'albero 3		
Numero di giri dell'albero a denti in 1'. . 9, 933		
Numero per ogni alzata in 1' 1786		
Numero per ogni alzata di ciascun pestone in 1' 40,6	840	11,20
Effetto utile per ogni alzata, determinata col mezzo dell'elevazione dei pestoni, ove ognuno di questi . $85^{ch} \times 0^{m}, 33 = 28^{chm}$		
Lavoro trasmesso dal movente		
Ad ogni alzata. ...... $\frac{840}{44} \times \frac{60}{40,6} = 33^{chm},7$		

* Voce inglese composta da wash lavare, e da weil ruota.

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Doppio Acciaccatojo dell'alto forno in Hayange.		
Numero di pestoni 32		
Peso di ciascun di essi 80ch		
Alzata dei pestoni . . . . $0^m,295$		
Numero di alzate di ciascun pestone in 1'. 50	698	23,60
Effetto utile di ciascuna alzata che si misura la mercè dell'elevazione di un pestone. . . . . $20^{ch} \times 0_m,295 = 23^{chm},6$		
Lavoro trasmesso dal movente ad ogni alzata . . . . $\frac{698}{32} \times \frac{60}{50} = 26^{chm},2$		
Il prodotto di un sol pestone in 24 ore di materie bricciolate è in minerale di 2500ch		
Castina * 2500		
Ciottoli fini 250		
In Iscorie 1500		
Trombe adoperate nelle ferriere Catalane.		
Quante volte le condutture non sono molto lunghe, l'effetto utile misurato dalla metà della forza viva impressa all'aria è il decimo della quantità di lavoro assoluto somministrato dalla corrente.		
Il diametro interno del tubo di calata, per solito verticale, è di $0^m,20$ a $0^m,25$, ed ha per lo manco 7 ad 8^m di altezza.		
L'apertura superiore sia $0^m,12$ a $0^m,16$ di diametro.		
Gli aspiratori bucherati al di sotto dell'apertura sono al numero di 4, diretti obbliquamente dall'alto in basso e presentano $0^m,10$ a $0^m,15$ di lunghezza.		
Macchina soffiante a due cilindri inserviente a due alti-forni di 12 a 13 metri di altezza e ad un fornello alla Wilkinson in attività ad aria fredda.		
Diametro degli emboli . . . . $1^m,746$		
Corso degli emboli . . . . 2^m		
Numero delle impulsioni doppie di ogni stantuffo in 1' 10,50		

* Pietra biancastra che si mesce al minerale di ferro per facilitarne la fusione, assorbendo gli acidi del solfo. *Trad.*

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Velocità degli emboli in 1'' 0m,35		
Pressione media dell'aria misurata in colonna di mercurio. { nei cilindri . . 0m,063		
{ presso i tubi . . 0m,059		
diametro dei tubi. { 1° fornello due tubi di . . . 0m,060		
{ 2° fornello due tubi di . . . 0m,054		
{ fornello alla Wilkinson un tubo di 0m,058		
Volume d'acqua lanciato nei fornelli in 1''. { 1° fornello 0mc,588		
{ 2° fornello 0mc,475		
{ fornello alla Wilkinson. 0mc,129		
Totale 1mc,192		
Volume ingenerato dagli emboli $2\times\frac{0,7854(1^m,746)^2\times2\times10,50}{60}=1^{mc},68$		
Rapporto tra'l volume di aria espulso e'l volume ingenerato dagli emboli $\frac{1,192}{1,680}=0,707=\frac{5}{7}$	1736	23,17
Quantità di lavoro trasmessa alla ruota da ogni fornello.	775	10,30
Dal fornello alla Wilkinson.	186	2,48
La stessa macchina operando ad aria calda.		
Numero di fornelli in attività 3		
Altezza dei fornelli . . . . 13 a 14m		
Diametro dei tubi . . . . 0m,07 a 0m,08		
Temperatura dell'aria presso i tubi 200°		
Pressione dell'aria presso i tubi, misurata con una colonna di mercurio. 0m,030		
Volume d'aria lanciato da'due cannelli in ciascun fornello. { la temp. di 200° 1mc,148		
{ la temp. di 10° 0mc,685		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Prodotto mensuale di un fornello alimentato dal coke. 120000ch	1838	24,60
dal carbon di legna. . 160000		
Quantità di lavoro trasmessa alla ruota da un fornello	620	8,27
Macchina soffiante dell' alto forno di Framont (Vosges), ad un cilindro e ad aria fredda.		
Altezza del forno 9m,10		
Pressione dell' aria propinquo ai tubi misurata in colonna di mercurio 0m,049		
Diametro dei tubi. 0m,08		
Volume d'aria lanciato nel forno in 1' . . . 0mc,462		
Diametro 1m,31	600	8,00
Corso 0m,79		
Velocità dell'embolo. 0m,479		
Volume ingenerato dall'embolo 0mc, 645		
Rapporto tra'l volume di aria espulso ed il volume ingenerato dall'embolo $\frac{0,462}{0,645}$=0,718		
Macchina soffiante dell' alto forno di Grand-Fontaine in Framont (Vosges), ad un sol cilindro e ad aria calda.		
Diametro del cilindro. 1m,30		
Corso dell'embolo 1m,34		
Velocità di esso. 0m,64		
Diametro del tubo. 0m,08		
Temperatura dell' aria calda presso al tubo . . . . 206°		
Pressione dell'aria.		
In colonna di mercurio. { presso al tubo . . 0m,032		
{ nel cilindro 0m,063		
Volume d'aria a 206° lanciato in 1'' nel fornello. 0mc,312		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Volume ridotto alla temperatura di 13° ed alla pressione dell'atmosfera. 0mc,317		
Altezza del forno alimentato da carbon di legno. 9m,10	583	7,80
Volume generato dall'embolo 0m,852		
Rapporto tra'l volume d'aria lanciato alla temperatura di 13° ed il volume ingenerato dall'embolo . . . . $\frac{0,317}{0,852}$=0,372		
Prodotto mensuale del fornello. . . 60000 a 70000		
Macchina soffiante della gran ferriera in Framont (Wosges) adattata a quattro fuochi di affinamento.		
Diametro del cilindro 1m,30		
Corso dell'embolo 1m,382		
Sua velocità. 0m,578		
Pressione dell'aria dall'atmosfera in sopra, in colonna di mercurio propinquo ai tubi 0m,04		
Diametro dei tubi (ve ne ha una sola per fuoco). 0m,0347		
Volume d'aria lanciato in ciascun fornello in 1″ 0mc, 079	675	9,00
— — pei quattro fuochi 0mc,316		
Volume ingenerato dall'embolo 0m,756		
Rapporto tra'l volume d'aria lanciato nei fuochi ed il volume ingenerato dall'embolo $\frac{0,316}{0,756}$=0, 417		
Lavoro trasmesso dal movente per ciascun fuoco. .	169	2,25
Macchina soffiante ad un cilindro in Molino-Nuovo presso Moyeuvre, adattata a due fuochi di affinamento e ad un fuoco da maniscalco.		
Diametro del cilindro. 0m,86		
Corso dell'embolo. 1m,30		
Numero delle impulsioni doppie in 1′. . . 23		
Velocità dell'embolo in 1″ 0m,498		
Diametro dei tubi (ve ne ha due per fuoco). 0m,021		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del movente in cavalli.
	chm	
Pressione dell'aria nella conduttura al di là di un'atm. in colonne di mercurio propinquo alle docce 0m,048		
Volume d'aria lanciato in 1″ { nel due fuochi di affinamento da 4 tubi . . . . 0mc,1219 nel fuoco da maniscalco da un tubo. 0mc,0303		
Totale. 0mc,1515		
Volume generato dall'embolo in 1″ 0mc,298		
Rapporto tra 'l volume d'aria lanciato ne' fornelli ed il volume ingenerato dall'embolo . . . . $\frac{0,1515}{0,298}$=0,508	430	5,73
Lavoro trasmesso al movente per ogni fuoco di affinamento.	172	2,30
pel fuoco da maniscalco.	86	1,15
Maglio frontale in Framont (Wosges).		
Peso complessivo del martello e del suo manico. 2800ch		
Alzata del mezzo della penna del martello al di sopra del pezzo che si lavora 0m,32 a 0m,36		
Distanza del centro di gravità del martello dall'asse di rotazione 0m,935		
Numero di colpi in 1′. 75	2250	30,00
Maglio frontale in Moyeuvre (Mosella).		
Peso totale del maglio 4900		
Alzata del maglio superiormente al pezzo che si lavora . . . . 0m,22 a 0m,25		
Numero di colpi in 1′. 75	2800	37,25
Antico maglio alla tedesca in Framont (Wosges).		
Peso { maglio . . . . 325ch altra parte (*Hurasse*) . . . . 152 manico. . . . . 198 guernimento di ferro. 21		
Totale 696ch		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna superiormente alla spranga che si lavora 0m,45		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Distanza del centro di gravità dall'asse . . . 1m,80		
Numero di colpi in 1' . . . { 90 100	750 900	10,00 12,00
Maglio ad ingranaggio con volante in Framont.		
Peso { maglio . . . 285ch manico, altra parte e guarnimento . . 400		
Totale . . . 685ch		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna superiormente alla spranga che si lavora . . . 0m,45		
Distanza del centro di gravità dall'asse di detta parte . . . 1m,45		
Numero di colpi in 1' . . . 96	600	8
Antico Maglio alla tedesca in Hayange.		
Peso { maglio . . . 350ch manico e guarnimenti . . . 234		
Totale . . . 584ch		
Alzata del martello presa nel mezzo della penna . . . 0m,43		
Distanza del centro di gravità dall'asse di detta parte . . . 1m,64		
Numero di colpi del maglio in 1' . . . 112	875	15
Martinetto da fucina in Framont (Wosges).		
Peso { maglio . . . 84ch altra parte. (*Hurasse*) . . . 177 manico . . . 210 guarnimenti . . . 39		
Totale . . . 510ch		
Distanza del centro di gravità dal dinnanzi dell'asse dei cardini . . . 0m,51		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna superiormente al ferro che si lavora . . 0m,25		
Numero di colpi in 1' . . . { 135 150	380 465	6,40 7,54
Martinetto da raffinar l'acciaio, e martinetto per la costruzione delle pale, seghe platinate, e via discorrendo.		
Il solo peso del maglio . . . 40ch.		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITÀ di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna 0m,18		
Numero di colpi in un 1' 324	448	5,90
Prodotto mensuale: acciaio ad una impronta 3000ch		
LAMINATOI STRIATI CHE IMPIEGANSI NELLA MANIFATTURA DEL FERRO.		
Ferriera di Fourchambault.		
Numero di cilindri in attività. 4 sgrossatori, 4 perfezionatori } pei grossi ferri. 3 sgrossatori, 3 perfezionatori } pei ferri minuti.		
Quantità di giri del cilindri in 1'. { cilindri grandi . . . 60; cilindri piccioli . . . 140	3750 a 4500	50 a 60
Prodotto mensuale 60000ch		
I cilindri compiono il servizio di 20 forni da raffinare (pudler) e da saldare, di cui alcuni si stanno ristaurando.		
Laminatoi striati.		
Un macchinario di due cilindri sgrossatori da saldare e di due cilindri perfezionatori		
Numero di giri de' cilindri in 1' 60		
Quantità di forni serviti da tal macchinario. { da affinare. . . . 5 a 6; da saldare 2		
Prodotto mensuale di 5 forni 300000ch	2500 a 2800	33 a 37
— 2 forni da saldare. 300000ch		
Laminatoio per piccole lamiere.		
Due laminatoi per piccole lamiere.		
Numero di giri in 1' 80	1875 a 2250	25 a 30
Prodotto mensuale 60000ch		

MACCHINE	DURATA del lavoro.	PRODOTTO.	DATI DIVERSI.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente	FORZA del motore in cavalli.
		POLVERIERE.			
Polveriera di Angoulême.	ch				
Due botti per lo tritamento del composto binario di zolfo e carbone.	12	Polvere da caccia, 50 chil. di composto binario. Polvere da guerra 195 chil. idem.	Numero de' giri delle botti in 1' . . 25. Lunghezza delle botti . . . . . 1m,20 Diametro id. 1m,20	615	8,20
Due botti per lo tritamento del composto binario di salnitro e carbone.	12	Polvere da caccia 25 chil. di composto binario. Polvere da guerra, 515 chil. id.			
Due mesoitoi per lo tritamento ternario de' masselli di polvere.	12	Polvere da caccia, 100 chil.	Numero di giri in un 1' 25 Lunghezza delle botti . . . . . 1m,20 Diametro id. 1m,20	218	2,90
Un paio di mole di ferro fuso con anello di bronzo per formare il massello della polvere da caccia.	10	Polvere da caccia, 300 chil. di galette.		411	5,49
Due frangitoi per ridurre esso massello in polvere.	10	300 chil. di minuzzame di carbone.			
Un laminatoio per trasformare in masselli la polvere del frangitoio.	10	Polvere da caccia, 700 chil. di galette.		132	1,76
Utensile da rompere i masselli.					
Quattro frangitoi per ridurre il massello briciolato in granelli spazzolati.	10	Polvere da caccia. 300 chil. di granelli spazzolati.		327	4,36
Due lisciatoi.	12	400 chil. di granelli bruniti,	Numero di giri in un 1' 20 a 25	293	3,90

MACCHINE	DURATA del lavoro	PRODOTTO	DATI DIVERSI	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente	FORZA del motore in cavalli.
	ch			chm	
Due mescitoi per la tritura ternaria de'masselli di polvere	12	Polvere da guerra, 240 chil. in due ricambii, ciascuno di 120 chil.		271	3,62
Due botti per convertire la combinazione ternaria in granelli tondi.	10	Polvere da guerra, 720 chil. di granelli.		474	6,32
Asciugatoio artificiale a ventilazione.	12	2000 chil.		256	3,42
Polveriera del Bouchet.					
Due mescitoi per la tritura ternaria.	12	Polvere da caccia, 100 chil.	L'albero delle macine compie 14 giri in un 1'; son queste cilindriche. Il loro diametro = 1m,50. La loro larghezza al lembo = 0m.50. Il loro peso = 500ch.	225	3,00
Un paio di piccole macine.	12	Polvere da caccia, 150 chil.	La distanza fra di asse . . . = 1m,02	162	4,16
Un paio di grandi macine.	2	Polvere da guerra, 50 chil.	L'albero delle macine compie 8 giri in un 1' nella massima velocità. Peso delle macine. 2500 ch.	220	2,93
Un laminatoio per formar il massello da caccia.	10	700 chil. di galette		111	1,48
Mulino a pestelli per la polvere da guerra.	11	Polvere da guerra, 10 chil.	Numero di pestelli . . . . . 12. Peso di essi. 42 ch. Alzata di essi. 0m,40. Numero di colpi di ciascun pestello in un 1' 56	276	3,68
Polveriera di Esquerdes.					
Due macine.		Polvere da caccia. Si caricano 20 chil. ad un tempo. La durata dell'operazione varia secondo la qualità della polvere.	L'albero della mole compie 10 giri in un 1'. Diam: della mola. . . . 1m,80. Larghezza id. 0,45. Peso delle medesime 5500 ch.	464	6,18

MACCHINE	DURATA del lavoro.	PRODOTTO.	DATI VARÎ.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente	FORZA del motore in cavalli.
	ch			chm	
Polveriera di Metz.			Peso dei pastelli 40ch Alzata dei medesimi. $0^m,413$	685	9,14
Mulino a pestelli di S. Pietro.	11	Per pestello. Polvare da guerre, 10 chil.	Numero di alzate di ciascun pestello in un 1' 55		
	24	Polvere da caccia, 8, 33 chil.	Numero di pestelli in attività. 24		
Mulino di S. Barbara.	11	Per pestello. Polvere da guerre, 10 chil,	Peso dei pestelli. . . . 40chil. Alzate dei med. . . $0^m, 413$		
	24	Polvere da caccia. 8, 33 chil.	Numero di elzata di ciascun pestello in un 1' 55	268	3,57
Due lisciatoi.	24	Polvere da caccia, 100 chil. per lisciatoio.	Numero di pestelli in attività. . } 12, 18, 24	445 590 157	5,91 7,87 2,10
			Nomero di giri delle botti in un 1' 20 a 27 Due ventilatori ciascuno a quattro ali. Larghezza delle ali. . . . $0^m,48$ Lunghezza di essi . . . . . 2,00 Numero di giri delle ali in un 1' 150	140	1,87
Asciugatoio artificiale.	12	Polvere da guerra, 900 chil.	Consumo di carbon fossile in 12 ora di asciugamento 900 Pressione dell'aria sur ogni cent. quadrato. } $0^{ch},0005$ e 0,0006		

MANIFATTURA D'ARME IN CHATELLERAULT

NATURA DELLE MACCHINE
e dati generali.

Martinetto adoperato nella fabbrica delle lamiere per canne da fucili d' infanteria.

Peso del maglio . . . . 135^{ch}
— del manico 190
— di altra parte (*Hurasse*) 93
— dei guernimenti 39

Totale . . . . . 457^{ch}

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Lunghezza totale del manico . . . . $3^{m},85$		
Distanza dell'asse di detta parte { dal mezzo della penna . . . . $2^{m},15$		
{ dall'anello della coda. . . . . $0^{m},97$		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna. . . . . $0^{m},30$	1070	14,26
Numero di colpi in un 1' 202		
PRODOTTO. Un mastro lavoratore ed il suo compagno fanno in un mese 800 lamiere per canne d'infanteria.		
NOTA. La ruota pesa 21017^{chil}; e questa massa raggnardevole di unita a quella dell'albero da ingranaggio, ed all'altra de'cardini di smodate dimensioni, ingenera una perdita notabile di lavoro in grazia dell'attrito. Gli sperimenti instituiti col freno han dimostrato che l'effetto utile trasmesso all'albero ad ingranaggio giunge appena a 785^{chm},4 ovvero 10^{ch},50; in guisa che puossi con simili dati calcolare, che per un maglio ad ingranaggio la cui ruota e le altre parti avrebbero migliori proporzioni, la quantità di lavoro trasmissibile al movente ragginngerebbe al più 1 900^{chm}, ovvero la forza di 12 cavalli.		
***Martinetto** impiegato a distendere le lamiere da canne, recisi che siensi in due i piastroni, lavorati coll' ultimo divisato maglio.*		
Peso del maglio . . . . 55^{ch}		
— del manico 176		
— di altra parte (*Hurasse*). 99		
— dell' anello 32		
TOTALE. . . . . 362^{ch}		
Lunghezza complessiva del manico. . . . . $2^{m},85$		
Distanza dell'asse della detta parte { dal mezzo della penna . . . . $1^{m},77$		
{ dall' anello della coda . . . . $0^{m},87$		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna . . . . $0^{m},15$		
Numero di colpi in un 1'. 210	322	4,30
NOTA. Per le stesse cagioni che han menomato l'effetto utile del motore della precedente magona, gli sperimenti istituiti col freno han fatto vedere, che la quantità di lavoro trasmessa all'albero sia soltanto di 296^{chm},5 ovvero 3^{ch},95. Il perchè siamo in grado di stabilire che per una macchina di debite proporzioni basti che il motore trasmetta una quantità di lavoro di 300 ^{chm}, ovvero 4 cavalli di 75^{chm}.		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.		QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
		Chm	
Martinetto per affinar l' acciaio.			
Peso del maglio	53ch		
— del manico.	176		
— altra parte (*Hurasse*).	99		
— dell' anello della coda	32		
TOTALE	362 ch		
Lnnghezza complessiva del manico.	2m,82		
Distanza dell' asse della (*hurasse*) dal mezzo della penna . .	1m,71		
Distanza dell' asse della (*hurasse*) dall' anello della coda . .	0m,85		
Alzata del maglio presa nel mezzo della penna	0m,25		
Numero di colpi in 1'.	244	568	7,49
NOTA. Per le stesse cagioni che han menomato l'effetto utile del motore della precedente magona, gli sperimenti istituiti col freno han fatto vedere, che la quantità di lavoro trasmessa all' albero sia soltanto di 388chm o 5 cavalli, 15. Il perchè siamo in grado di stabilire che per una macchina di debite proporzioni basti che il motore trasmetta una quantità di lavoro di 450chm ovvero 6ch, onde il maglio desse 244 colpi in un 1'.			
Lo stesso maglio adoperato nel distendimento delle linguette.			
Nnmero di colpi in un 1'.	348	1119	15,80
Per le stesse cagioni che han menomato l'effetto utile del motore della precedente magona, gli sperimenti istituiti col freno han fatto palese, che la quantità di lavoro trasmessa all'albero sia soltanto di 780chm, o 10ch, 4. Il perchè si può stabilire che per una macchina di debite proporzioni basti che il motore trasmetta una quantità di lavoro di 900chm ovvero della forza di 12 cavalli.			
PRODOTTO. Il maglio per affinar l' acciaio adattato a due fuochi, dà 1600 piastroni di acciaio a tre impronte per lame da sciabole di cavalleria leggiera, modello del 1822, ciascuna del peso di 0ch, 90.			

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUANTITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Macchina soffiante adattata a fuochi di affinamento dell' acciajo.		
Numero di fuochi cui si applica la macchina 6		
Pressione dell'aria propinquo ai tubi da un'atmosfera in sopra, in chilog. su di un centimetro quadrato. . . . . $0^{ch},05$		
Diametro dei tubi. . . . . $0^{m},03$		
Numero di essi. 6		
Volume di aria lanciato da ciascun tubo in un 1'. $0^{mc},061$		
Volume d' aria complessivo somministrato dai tubi in un 1''. . . . . $0^{mc},366$		
Volume d' acqua elevato a $5^{m},14$ in un 1'. $0^{mc},121$	725	9,68
L' innalzamento dell'acqua consuma ad un bel circa 185^{chm} del lavoro trasmesso dal movente; quindi restano 540^{chm} pe' sei fuochi, o per ciascun fuoco. . .	90	1,20
Dappoichè la ruota è smodatamente ponderosa e la macchina soffiante trovasi destinata ad alimentare un maggior numero di fuochi di quel che convenga, siamo abilitati a congetturare che con un motore di migliori proporzioni sia bastevole la forza di un solo cavallo per ogni fucina da maniscalco o da affinamento di acciaio.		
Mole per arrotare le canne.		
Mole, diametro . . . . 2^{m}		
— larghezza. . . . . $0^{m},32$		
— peso . . . . 2100^{ch}		
Riducendosi il diametro delle mole ad 1^{m}, si sostituiscan loro delle altre. Una mola può serviro ad arrotare da 1100 a 1500 canne.		
Numero di giri delle mole in 1'. 183		
PRODOTTO. Un operaio in 10 ore di lavoro può arrotare . . . . 35 canne		
Numero di mole in attività 2	773	10,38
Banco per lo perforamento delle canne da fucile.		
Numero di giri della saetta o punta da trapasso. 328		
Quantità di banchi in attività 12	588	7,84
Prodotto mensuale in canne da fucili di fanteria perforate 1000		

NATURA DELLE MACCHINE e dati generali.	QUATITA' di lavoro trasmessa dal movente.	FORZA del motore in cavalli.
	chm	
Torni da canne ed ordigni diversi. Numero di ordigni mossi dalla ruota. Torni da canne . . . . 2 Ordigni da lnstrare quattro canne ad un tempo . . . . 1 Ordigni perforanti . . . . 4 Ordigni perforanti il cane . . . . 1 Torni da baionette . . . . 2 Piccola macina per arnesi diversi . . . 1 Banco da forare i manichi di baionetta. 1 (totale) 12 Vi ha dippiù un altro congegno per forare i cani, ed un altro ancora per la simile operazione della piastrine, i quali si alternano coi precedenti. PRODOTTO. Codesti apparati compiono il residuale lavoro necessario di mille canne perforate ed arrotate dalle precedenti macchine.	657	8,69
NOTA. La varia quantità di lavoro per noi additata è appunto quella che convien trasmettere all' asse dei tamburi che immediatamente muovono gli accennati congegni. Quante volte la ruota idraulica ponga in moto tutto il macchinario dello stabilimento, il suo effetto è di Il che pruova che le resistenze passive della ruota e dei pezzi che al tempo delle indagini non poteronsi determinare, consumavano una forza di 5,1 cavalli circa.	2420	32,20
Laminatoi per le piastre da corazze. Cilindri, diametro . . . . 0^{m},378 — lunghezza . . . . 0^{m},735 — peso. . . . . $900^{chil.}$ — numero di giri in un 1'. . . . . 22,5 Volante, diametro esterno . . . . 3^{m},910 — peso dell' anello. . . . . $6720^{chil.}$ — numero di giri in un 1' . . . . . 87 PRODOTTO. In dieci ore si laminano 40 piastroni. Ogni piastrone riceve quattro calde e passa circa 30 volte pei cilindri.	812	10,80
NOTA. Sembra la ruota in disamina alquanto debole rispetto al laminatoio il cui moto rallentasi durante il passaggio dei piastroni, e forse converrebbe di far muovere con maggior velocità i cilindri ed a 30 giri almeno in un 1', il che menerebbe ad assegnare alla ruota la forza di circa 80 cavalli.		

SPERIMENTI E CALCOLI RIFERIBILI ALLE MACCHINE LOCOMOTIVE IMPIEGATE SULLA STRADA A ROTAIE DI FERRO DA LIVERPOOL A MANCHESTER.

346. Gli sperimenti contenuti nello specchio che segue son desunti dal trattato delle macchine a vapore locomotive del sig. de Pambour; noi li abbiam comparati con quelli della formola

$$1000\frac{n}{60}v(p-1,033),$$

nella quale

$p-1,033$ dinota l'eccesso della pressione del vapore nella caldaia sulla pressione atmosferica; il quale vien talora ritenuto per la effettiva pressione espressa in chilogrammi sur un centimetro quadrato,

v il volume generato dall' embolo in una delle sue semplici impulsioni,

n il numero complessivo dei colpi di detto embolo in un 1'.

Osserveremo che nelle macchine locomotive diligentemente costrutte, il diametro del tubo a vapore è d'ordinario eguale ad $\frac{1}{3}$ od $\frac{1}{4}$ di quello dell' embolo; che l' area del forame corrispondente alla chiave regolatrice pareggia quella di esso tubo, e che la formola or ora riferita è solamente applicabile al caso in cui la mentovata chiave rimane interamente aperta, avvegnachè è appunto quello che si contempla in questo genere di apparati di giuste proporzioni.

Le primordiali dimensioni delle macchine su cui vennero gli sperimenti istituiti, sono le seguenti.

NOMI delle macchine	DIAMETRO del cilindro	CORSE dell' embolo	DIAMETRO della ruota	SUPERFICIE RISCALDATA FOCOLARE	TUBI	TOTALE	DIAMETRO del tubo a vapore	PESO
	m	m	m	mq	mq	mq	m	tonnellat
Vulcano.	0,279	0,406	1,525	3,205	28,557	31,762	0,089	8,47
Fury. . .	0,279	0,406	1,525	3,056	28,557	31,613	0,089	8,33
Leeds . .	0,279	0,406	1,525	3,214	28,557	32,082	0,089	7,18
Vesta. . .	0,283	0,406	1,525	4,273	23,789	28,062	0,083	8,85
Atlante .	0,305	0,406	1,525	5,301	20,240	25,541	0,083	11,58

Nota. La macchina atlante presenta le sue ruote dinnanzi accoppiate con quelle di dietro col mezzo di bielle di congiungimento.

Faremo osservare inoltre che le risultanze rinchiuse nel quadro seguente riferisconsi alle emergenze del servizio delle macchine locomotive qualora si trovino esse più cariche dell'ordinario, e potranno quindi applicarsene le conseguenze soltanto ai casi analoghi.

La coincidenza dei diversi valori del rapporto tra l' effetto utile reale e l'effetto teorico dimostra, che tra'limiti additati possiamo con fiducia adoperar la formola pratica del n.° 179, cioè

$$\frac{n}{60}8190(p-1,033)$$

la quale è valida a calcolar l'effetto utile delle macchine locomotive tutte le volte che il carico ammonti a 170 tonnellate, ed anche dippiù trattandosi di locomotive che abbiano le proporzioni cui testè accennammo.

Qualora per contrario fosse il carico di 60 tonnellate e al di sotto, converrà modificar la formola coerentemente a quanto per noi si espose al n.° 179.

Effetto utile delle macchine a vapore locomotive della strada a rotaie di ferro da Liverpool a Manchester, desunto dalla sperienza e comparato co' risultamenti della formola $\frac{10000nv}{60}(p-1,033)$

NOMENCLATURA delle macchine.	DATI degli sperimenti.	CARICO della macchina riferita al livello in tonnellate di mille chilogrammi.	RESISTENZA al traimento. chil. 3,59 per tonnellata di carico	VELOCITA' del trasporto		EFFETTO utile ricavato dalla esperienza		ECCESSO della pressione nella caldaia su quella dell'atmosfera in chilog. sur un centim. quad. p-1,0333.	NUMERO delle impulsioni semplici degli emboli in un 1''. $\frac{n}{60}$	EFFETTO utile teorico		RAPPORTO dell'effetto utile e reale all'effetto teorico.
				in chilometri ad ora	in metri ad ogni secondo	in chilometri in un secondo.	in cavalli di 75chm			in chil.m. in un 1''	in cavalli di 75 chm	
	1834	tonnellate	chil	chilometri	m	chm		chil		chm		
Vulcano . . .	22 luglio......	191	687	18,37	5,110	3520	46,7	4,03	4,260	4300	57,4	0,810
	22 luglio......	189	679	30,17	8,810	5980	79,7	4,05	7,360	7420	99,0	0,797
Fury	24 luglio......	248	891	37,46	10,400	9270	123,5	4,61	8,690	9980	133,0	0,923
	4 agosto......	460	668	21,45	5,980	4000	53,3	3,87	4,980	4780	63,7	0,835
Leeds	13 agosto	171	615	16,09	4,470	2750	36,7	3,41	3,730	3170	42,3	0,868
Vesta.	16 agosto	192	690	4.83	1,340	1139	15,2	3,98	1,130	1146	15,3	0,808
	16 agosto.....	486	668	5,23	1,450	1267	16,9	4,08	1,208	1270	16,9	0,764
Atlante. . . .	23 luglio......	244	878	12,87	3,570	3440	45,9	3,87	2,776	3440	45,8	0,907
	23 luglio......	199	716	14,35	4,125	3875	51.7	3,76	3,450	3850	51,3	0,769
	23 luglio......	202	726	9,63	2,680	2480	33,1	3,87	2,235	2575	34,3	0,756
	31 luglio......	206	740	12,07	3,340	2990	40,0	3,58	2,782	2980	39,5	0,830
	4 agosto.....	223	803	6,03	1,670	1810	24,1	4,34	1,391	1805	24,1	0,743
											medio.....	0,819

GRAVITA' SPECIFICHE DE' GAS, NON CHE DEI VAPORI E DEI LIQUIDI.

GAS	
Aria	1,0000
Gas idriodico	4,4430
Gas fluosilicico	3,5720
Gas cloroborico	3,4200
Gas clorocarbonico	»
Idrogene arsenicato	2,6930
Cloro	2,4700
Ossido di cloro	»
Acido fluoborico	2,3710
Acido solforoso	2,2340
Cianogene	1,8060
Idrogene fosforato	1,7610
Protossido di azoto	1,5200
Acido carbonico	1,5245
Acido idroclorico	1,2474
Idrogene protofosforato	1,2140
Acido idrosolforico	1,1912
Ossigene	1,1026
Deutossido di azoto	1,0388
Idrogene bicarbonato	0,9780
Azoto	0,9760
Ossido di carbonio	0,9570
Ammoniaca	0,5967
Idrogene carbonato dei pantani	0,5550
Idrogene	0,0688
VAPORI	
Aria	1,0000
Bicloruro di stagno	9,1990
Vapore di iodo	8,7160
Vapore di mercurio	6,9760
Vapore di zolfo	6,6170
Protocloruro d'arsenico	6,3000
Cloruro di cilicio	5,9390
Etere idriodico	5,4749
Canfora ordinaria	5,4680
Etere benzoico	5,4090
Etere ossalico	5,0870
Protocloruro di fosforo	4,8750
Essenza di terebintina	4,7630
Cloruro giallo di solfo	4,7300
Naftalina	4,5280
Vapore di fosforo	4,3550
Cloruro rosso di zolfo	3,7000
Liquore degli olandesi	3,4430
Acido iponitrico	3,1800
Etere acetico	3,0670
Solfùro di carbonio	2,6440
Etere iponitroso	2,6260
Etere solforico	2,5860
Etere idroclorico	2,2120
Cloruro di cianogene	2,1110
Spirito piroacetico	2,0190
Alcool	1,6133
Acido idrocianico	0,9476
Acqua	0,6235
LIQUIDI	
Acqua distillata	1000
Acqua di fiume, circa	1000
Acqua di pozzo	1014
Acqua di mare	1042
Acido solforico	1,8409
Acido nitroso	1,5500
Acqua del Mare Morto	1,2403
Acido nitrico	1,2175
Acqua del Mare	1,0263
Latte	1,0300
Vino di Bordò	0,9939
Vino di Borgogna	0,9915
Olio di uliva	0,9153
Etere muriatico	0,8740
Olio essenziale di terebinto	0,8697
Bitume liquido detto nafte	0,8475
Alcool assoluto	0,7920
Etere solforico	0,7155

PESO DEL METRO CUBO DI VARIE SOSTANZE.

INDICAZIONE DELLE SOSTANZE.		PESO del metro cubo:	
		chil	chil
Acqua	distillata e di pioggia	»	1000
	di fiume, circa	»	1000
	di pozzo	1000	1014
	di mare	1028	1042
Terra o sabbia di.		614	643
Terriccio		828	857
Torba	secca	514	»
	umida	785	»
Terra vegetale		1214	1285
Terra ghiarosa.		1357	142[illegible]
Melma		1612	»
Argilla e ghiara		1656	1756
Marna		1571	1642
Sabbia	fina ed arida.	1399	1428
	fina ed umida	1900	»
	fossile argillosa.	1713	1799
	di fiume umida	1771	1856
Ghiara silicea		1371	1485
Terra grossa mescolata con sabbia e ghiara		1860	»
Terra commista a minuto pietrame		1910	»
Argilla mescolata al tufo		1990	»
Terra grassa mescolata a ciottoli silicei		2290.	»
Frammenti di roccia		1571	1713
Cemento di terra cotta.		1171	1228
Scorie di ferriere		771	983
Scoria vitrea		1428	1485
Pozzolana	d' Italia	1157	1228
	del Vivarese.	1085	1128
Trass di Olanda o trass d'Andernach.		1071	1085
Pietra pomice		557	928
Calce.	viva all'uscir dalla fornace.	800	857
	estinta in pasta solida.	1328	1428
Malta di calce e di.	sabbia	1856	2142
	rosticci	1656	1713
	scorie	1128	1214
		1856	1942
Mattone.		1000	1471
Creta		1214	1285
Pietre da costruzione.	tenere	1142	1713
	franca, semi-roccia	1713	1999
	liais dolce e rocce	2142	2284
	rocce dure, liais	2284	2427
	molto compatte, cliquart.	2499	2713

INDICAZIONE DELLE SOSTANZE.	PESO del metro cubo.	
	chil	chil
Alabastri, marmi, brecce, lumachelle, broccatelli.	2199	2870
Calce fluata, spath fluor	3084	3184
Calcio solfato calcareo — Gesso — crudo e alabastrino	1899	9299
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — battuto	1199	1328
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — stacciato	1242	1257
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — acqua per l'impasto	328	343
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — gesso in impasto. — umido.	1871	1599
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — gesso in impasto. — arido	1399	1414
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — gesso in impasto. — acqua svaporata.	171	186
Calcio solfato calcareo — Gesso — cotto. — gesso in impasto. — acqua combinata per cristallizzazione	157	157
Muratura fresca — di frantumi	2240	»
Muratura fresca — di mattoni	1870	»
Barite.	4284	4626
Quarzo, pietra per le macine — poroso	1242	1285
Quarzo, pietra per le macine — compatto siliceo.	2485	2613
Quarzo ialino	2642	2636
Quarzo arenaceo o gres — da fabbriche	1928	2076
Quarzo arenaceo o gres — da pavimenti	2427	2613
Quarzo resinoso, pechstein o pietra da pece	2042	2636
Quarzo o silice piromaca, pouding	2570	2927
Jaspe	2336	2813
Feldspato, pietra silice.	2570	2742
Trapp, cornemia, pietra di paragone	2699	2742
Porfido, ofite, serpentino, variolite.	2756	2927
Talco, steatite, clorite	2613	2784
Serpentina	2770	2856
Ollare,	2742	2856
Granito, sienite, gneiss	2356	2956
Granitella	2799	3056
Mica	2570	2927
Amianto	1556	1785
Scisto — grossolano (*grossier*)	1813	2784
Scisto — tegolaceo, ardesia	2742	2856
Trematide, pietra di Volvic.	1928	2642
Lave, litoidi, basalti.	2756	3056
Lave del vesuvio.	1713	2813
Tufi vulcanici.	1214	1385
Scorie vulcaniche.	785	885
Carbon di terra	942	1328
METALLI		
Oro di 24 carati, fuso, battuto	»	19065
Argento di 12 danari, fuso, battuto	»	11494
Platino di trafila	»	21039

INDICAZIONE DELLE SOSTANZE.	PESO del metro cubo.	
	chil	chil
Rame. rosso fuso	»	7782
Rame. passato per trafila	»	7540
Rame. giallo, ottone fuso	»	12674
Rame. passato per trafila	»	8540
Ferro. fuso	»	7202
Ferro. battuto	»	7783
Acciaio. non temperato	»	7829
Acciaio. battuto a freddo	»	7813
Stagno. puro di cornwall, fuso	»	7287
Stagno. nuovo, fuso e battuto a freddo	»	7307
Stagno. fino, fuso e battuto a freddo	»	7515
Stagno. comune fuso	»	7915
Stagno. detto chiaro, fuso	»	8439
Piombo fuso	»	11346
Zinco fuso	»	7138
Mercurio liquido	»	13560
QUADRELLI DI CALCINACCI E GESSO	un quadrello umido. chil	un quadrello secco. chil
Per tramezzi leggieri.		
18° per 12° e.. 2° ½ di spessore	15	12
18° per 12° e.. 3°	18	15
18° per 12° e.. 3° ½	21	17
18° per 12° e.. 4°	23	20
(lungbezza, larghezza, spessore)	ad ogni cento di conto	
Mattoni di Borgogna.. 8° 4l, 4° »l, 2° »l	241	248
Mattoni di Montereau. 8 », 4 », 1 10	208	214
Mattoni di Sarcelles.. 7 9, 3¼ », » 21	180	184
Mattone galleggiante di farina vulcanica. 7 », 4½ », » 20	44	»
Ardesia. quadrata. forte	45	47
Ardesia. quadrata. fina	36	38
Ardesia. minuta	22	23
La tesa superficiale di assicelle, pezzi impiegati nelle coverture	19	20
Embrici di Borgogna. di forma grande. 11° 9° 6l	223	225
Embrici di Borgogna. di forma grande. colmerecci 13°	379	386
Embrici di Borgogna. di forma piccola. 9° 6° 6l	159	162
Embrici di Borgogna. di forma piccola. colmerecci 13°	328	330
Embrici di Sarcelles. 9° ½ 6° 8l	112	116
Embrici di Sarcelles. colmerecci 12°	245	»
Quadrelli di 6° a 5. di Borgogna	84	»
Quadrelli di 6° a 5. di Sarcelles	74	»
LEGNAMI.		
Albicocco	771	»
Acacia (pseudo)	785	800

Indicazione delle sostanze			Peso del metro cubo.	
			chil	chil
Acajou			785	914
Loto			871	885
Mandorlo			110	»
Albero di Giudea			685	»
Onteno			543	800
Betulla	comune		700	714
	visciolo		571	»
Busso	di Francia		900	914
	di Maone		914	928
	di Olanda		1314	1328
			457	471
Cedro	del Libano		557	600
	delle Indie		1314	»
Ciriegio	comune		714	743
	di S. Lucia		837	871
Carpino			757	»
Castagno			685	»
Querce	di Provenza	verde	1220	»
		secca	1015	»
	di Sciampagna	verde	988	»
		secca	860	»
		molto secca	758	»
	di Brettagna	secca	842	»
		molto secca	742	»
	di Lorena	verde	930	»
		secca	643	»
	ordinaria	verde	1000	1157
		secca	785	914
Cotogno			700	985
Sorbo			900	914
Avellano			600	»
Cipresso	piramidale		600	657
	diffuso		571	»
Ebano	delle Alpi		1042	»
	di America		1199	1328
Acero	sicomero		643	»
	della Virginia		628	757
	screziato		543	557
Gledissia (1)	spinosa		814	28
	senza spine		771	785
			785	»
Guaiaco o legno santo			1328	1342
			543	557
Granato			1342	1357
Faggio			714	857
Tasso	di Olanda		771	»
	di Spagna		814	»

(1) Falsa acacia, la quale cresce segnatamente in America. *Trad.*

INDICAZIONE DELLE SOSTANZE.	PESO del metro cubo.	
	chil	chil
Lauro di Spagna	814	828
Castagno	637	»
Larice	637	»
Gelso	885	900
Nespolo	942	»
Noce. di Francia	600	685
Noce. di Affrica	728	743
Olivo	914	928
Arancio	700	»
Olmo	942	743
Vimine	543	»
Pioppo. d' Italia	371	414
Pioppo. di Olanda	528	614
Pino del nord	814	828
Platano di oriente	700	714
Platano di occidente	628	»
Pero	657	714
Melo	757	800
Prugno	771	»
Abete comune	528	557
Abete giallo aurora	671	»
Salice	571	585
Sorbo degli uccellatori	743	»
Sambuco	685	700
Tiglio	557	600
Tulipano (1)	471	485
	557	571
Ailando, detto *Vernice del Giappone* (2)	814	828
Vite	1314	1328

Affin di stabilire un certo ligame fra le addotte tabelle di gravità specifiche, vale quì il pregio di aggiugnere, che coerentemente alle indagini dei Signori Arago e Biot, il peso dell'aria atmosferica secca, alla temperatura del ghiaccio fondente e sotto la pressione di $0^m,76$, pareggia, a volume uguale, $\frac{1}{770}$ di quello dell'acqua distillata.

In seguela di un gran novero di saggi intorno al peso dell'aria e del mercurio si è rinvenuto, che i termini medî dell'una e dell'altra sostanza, alla temperatura zero e sotto la pressione di $0^m,76$, stanno rispettivamente tra loro, come 1 è ad 1,10366.

(1) Nel Canadà riesce sì grande, che del suo tronco si forman canotti di un sol pezzo. Trad.

(2) Così denominato, a causa del sugo latticinoso che se ne ricava. Trad.

TABELLA DELLE NUOVE MISURE.

DENOMINAZIONE.	VALORE.
Misure itinerarie.	
Miriametro	10000 metri
Chilometro.	1000 metri
Decametro.	10 metri
Metro	*Unità fondamentale de' pesi e delle misure*, 10 milionesima parte del quarto del meridiano terrestre.
Misure di lunghezza.	
Decimetro	10mo del metro.
Centimetro.	1000mo del metro.
Millimetro.	1000mo del metro.
Misure agrarie.	
Ettaro	10000 metri quadrati.
Ara	100 metri quadrati.
Centiaro.	1 metro quadrato.
Misure di capacità pei liquidi.	
Decalitro	10 decimetri cubi.
Litro	Decimetro cubo.
Decilitro.	10mo del decimetro cubo.
Misure di capacità per le materie aride.	
Chilolitro	1 metro cubo o 1000 decimetri cubi.
Ettolitro.	100 decimetri cubi.
Decalitro	10 decimetri cubi.
Litro	Decimetro cubo
Misure di solidità.	
Stero.	Metro cubo
Decistero.	10 mo del metro cubo
Pesi.	
Miglialo.	1000 chilog. (peso della tonnellata, misura marina)
Quintale.	100 chilogrammi
Chilogrammo	Peso di un decimetro cubo di acqua distillata alla temperatura di 4° al di sopra del diaccio che si fonde.
Ettogrammo.	10mo del chilogrammo.
Decagrammo.	100mo del chilogrammo
Grammo.	1000mo del chilogrammo.
Decigrammo.	10000mo del chilogrammo.

Riduzione delle tese e dei piedi e pollici in metri e decimali del metro.

Tese	Metri	Piedi	Metri	Pollici	Metri
1	1, 94904	1	0,32484	1	0,02707
2	3, 89807	2	0,64968	2	0,05414
3	5, 84711	3	0,97452	3	0,08121
4	7, 79615	4	1,29936	4	0,10828
5	9, 74518	5	1,62420	5	0,13585
6	11, 69422	6	1,94904	6	0,16242
7	13. 64326	7	2,27388	7	0,18949
8	15, 59229	8	2,59872	8	0,21656
9	17. 54133	9	2,92355	9	0,24363
10	19. 49037	10	3.24839	10	0,27070
20	38, 98073	20	6,49679	11	0,29777
30	58, 47110	30	9,74518	12	0,32484
40	77, 96146	40	12,99358	13	0,35191
50	97, 45183	50	16,24197	14	0,37898
60	116, 94220	60	.19,49037	15	0,40605
70	136, 43256	70	22,73876	16	0,43312
80	155, 92293	80	25 98715	17	0,46019
90	175, 41329	90	29,23555	18	0,48726
100	194, 90366	100	32,48394	19	0,51433
200	389, 80732	200	64,96789	20	0,54140
300	584, 71098	300	97,45183	30	0,81210
400	779, 61464	400	129,93577	40	1,08280
500	974, 51830	500	162,41972	50	1,35350
600	1169, 42195	600	194,90366	60	1,62420
700	1364, 32561	700	227,38760	70	1,89490
800	1559. 22927	800	259,87155	80	2,16560
900	1754, 13293	900	292,35549	90	2,43630
1009	1940, 03659	1000	324,83943	100	2,70700
2000	3898,07318	2000	649,67886	200	5,41399
3000	5847, 10977	3000	974,51830	300	8,12099
4000	7796, 14636	4000	1299,35773	400	10,82798
5000	9745, 18296	5000	1624,19716	500	13,53498
10000	19490, 36591	10000	3248,39432	1000	27,06995

Riduzione delle linee in millimetri.

Linee	Millimetri	Linee	Millimetri	Linee	Millimetri	Linee	Millimetri
1	2,256	90	203,025	260	586,516	430	270,007
2	4,512	100	225,583	270	609,074	440	992,565
3	6,767	110	248,141	280	631.632	450	1015,123
4	9.023	120	270,700	290	654,191	460	1037,682
5	11,290	130	293,258	300	676,749	470	1060,240
6	13.535	140	215,816	310	699,307	480	1082,798
7	15,791	150	338,374	320	721.865	490	1105 356
8	18,047	160	360,933	330	744,424	500	1127,915
9	20,302	170	383,491	340	766.982	510	1150,473
10	22,558	180	406,049	350	789,540	520	1173,031
20	45,117	190	428,608	360	812.099	530	1195,590
30	67,675	200	451,166	370	834,657	540	1218,148
40	90,233	210	473,724	380	857,215	550	1240.706
50	112,791	220	496,282	390	879,773	560	1263.264
60	135,250	230	518,841	400	902,332	570	1285,823
70	157,908	240	541,399	310	924,890	1000	2255,829
80	180,466	250	563,937	420	947,448		

Riduzione dei millimetri in linee.

Millim.	Linee	Millim.	Linee	Millim.	Linee	Millim.	Linee
1	0,443	90	39,897	420	186,184	740	328,039
2	0,887	100	44,330	440	495,030	750	332,472
3	1,330	120	53,196	460	203,916	760	336,905
4	1,773	140	62,061	480	212,782	770	341,338
5	2,216	160	70,927	500	221,648	780	345,771
6	2,660	180	79,793	520	230,514	800	354,637
7	3,103	200	88,659	540	239,380	820	363,503
8	3,546	220	97,525	560	248,246	840	372,369
9	3,990	240	106,391	580	257,112	860	381,235
10	4,433	260	115,257	600	265,978	880	390,100
20	8,866	280	124,123	620	274,844	900	398,966
30	13,299	300	132,989	640	283,709	920	407,832
40	17,732	320	141,855	660	292,575	940	416,698
50	22,165	340	150,721	680	301,441	960	425,564
60	26,598	360	159,587	700	310,307	980	434,430
70	31,031	380	168,452	720	319,173	1000	443,296
80	35,464	400	177,318	730	323,606		

Riduzione dei centimetri in piedi, pollici e linee.

Centim.	Piedi	Pollici	Linee
1	0.	0.	4,433
2	0.	0.	8,566
3	0.	1.	1,299
4	0.	1.	5,732
5	0.	1.	10,164
6	0.	2.	2,598
7	0.	2.	7,031
8	0.	2.	11,464
9	0.	3.	3,897
10	0.	3.	8,330
11	0.	4.	0,763
12	0.	4.	5,196
13	0.	4.	9,628
14	0.	5.	2,061
15	0.	5.	6,494
16	0.	5.	10,927
17	0.	6.	3,360
18	0.	6.	7,793
19	0.	7.	0,225
20	0.	7.	4,659
21	0.	7.	9,092
22	0.	8.	1,525
23	0.	8.	5,958
24	0.	8.	10,391
25	0.	9.	2,824
26	0	9.	7,257
27	0.	9.	11,690
28	0.	10.	4,123
29	0.	10.	8,556
30	0.	11.	0,989
31	0.	11.	5,422
32	0.	11.	9,855
33	1.	0.	2 288
34	1.	0.	6,721
35	1.	0.	11,154
36	1.	1.	3,587
37	1.	1.	8,020
38	1.	2.	0,452
39	1.	2.	4,885
40	1.	2.	9,318
41	1.	3.	1,751
42	1.	3.	6,184
43	1.	3.	10,617
44	1.	4.	3,050
45	1.	4.	7,483
46	1.	4.	11,916
47	1.	5.	4,349
48	1.	5.	8,782
49	1.	6.	1,215
50	1.	6.	5,648
60	1.	10.	1,977
70	2.	1.	10,307
80	2.	5.	6.637
90	2.	9.	2,966

Decim.	Piedi	Pollici	Linee
1	0.	3.	8,330
2	0.	7.	4,659
3	0.	11.	0.989
4	1.	2.	9,318
5	1.	6.	5,648
6	1.	10.	1,977
7	2.	1.	10,307
8	2.	5.	6,637
9	2.	9.	2,966
10	3.	0.	11,296

Riduzione dei metri in tese, e in tese, piedi, pollici, e linee.

Metri	Tese	Metri	Tese	Piedi	Pollici	Linee
1	0,513074	1	0.	3.	0.	11,296
2	1,026148	2	1.	0.	1.	10,592
3	1,539222	3	1.	3.	2.	9,888
4	2,052296	4	2.	0.	3.	9,184
5	2,565370	5	2.	3.	4.	8,480
6	3,078444	6	3.	0.	5.	7,776
7	3,591518	7	3.	3.	6.	7,072
8	4,104592	8	4.	0.	7.	6,368
9	4,617666	9	4.	3.	8.	5,664
10	5,13074	10	5.	0.	9.	4,960
20	10,26148	30	10.	1.	6.	9,920
30	15,39222	30	15.	2.	4.	2,88
40	20,52296	40	20.	3.	1.	7,84
50	25,65370	50	25.	3.	11.	0,80
60	30,78444	60	30.	4.	8.	5,76
70	35,91518	70	35.	5.	5.	10,72
80	41,04592	80	41.	0.	3.	3,68
90	46,17636	90	46.	1.	10.	8,64
100	51,3074	100	51.	1.	0.	1,6
200	102,6148	200	102.	3.	8.	3,2
300	153,9222	300	153.	5.	6.	4 8
400	205,2296	400	205.	1.	4.	6,4
500	256,5370	500	256.	3.	2.	8,0
600	207.8444	600	307.	5.	0.	9,6
700	359,1518	700	359.	0.	10.	11,2
800	310,4592	800	410.	2.	9.	0,8
900	461,7666	900	461.	4.	7.	2,4
1000	413,074	1000	513.	0.	5.	4,0
2000	1026,148	2000	1026.	0.	10.	8,0
3000	1039,222	3000	1539.	1.	4.	0,0
4000	2052,296	4000	2052.	1.	9.	4,0
5000	2565,37	5000	2565.	2.	2.	8,0
10000	5130,74	10000	5130.	4.	5.	4,0

Riduzione dei metri in piedi, pollici, linee, e decimali della linea.

Metri	Piedi	Pollici	Linee	Metri	Piedi	Pollici	Linee
1	3	0.	11,296	16	49.	3.	0,736
2	6	1.	10,593	17	52.	4.	0,032
3	9	2.	9,888	18	55.	4.	11,328
4	12	3.	9,184	19	58.	5.	10,624
5	15	4.	8,480	20	61.	6.	9,920
6	18	5.	7,776	21	64.	7.	9,216
7	21	6.	7,072	22	67.	8.	8,512
8	24	7.	6,368	23	70.	9.	7,808
9	27	8.	5,664	24	73.	10.	7,104
10	30	9.	4,960	25	76.	11.	6,400
11	33	10.	4,256	30	92.	4.	2,88
12	36	11.	3,552	35	107.	8.	11,36
13	40	0.	2,848	40	123.	1.	7,84
14	43	1.	2,144	45	138.	6.	4,32
15	45	2.	1,440	50	153.	11.	0,80

Metri	Piedi	Pollici	Linee	Metri	Piedi	Pollici	Linee
55	169.	3.	9.28	600	1847.	0.	9,6
60	184.	8.	5,76	700	2154.	10.	11,2
65	200.	1.	2,24	800	2462.	9.	0,8
70	215.	5.	10,72	900	2770.	7.	2,4
75	230.	10.	7,20	1000	3078.	5.	4,0
80	246.	3.	3,68	2000	6156.	10.	8
85	261.	8.	0.16	3000	9235.	4.	0
90	277.	0.	8,64	4000	12313.	9.	4
95	292.	5.	5.12	5000	15392.	2.	8
100	307.	10.	1,6	6000	18470.	8.	0
200	615.	8.	3,2	7000	21549.	1.	4
300	923.	6.	4,8	8000	24627.	6.	8
400	1231.	4.	5,4	9000	27706.	0.	0
500	1539.	2.	8,0	10000	30784.	5.	4

Riduzione delle tese quadrate e cube in metri quadrati e cubi.

T, q.	Metri quad	T. qu.	Metri quad.	T. cu.	Metri cubi	T. cub.	Metri cubi.
1	3,7987	17	64,5786	1	7,4036	17	125,8661
2	7,5975	18	68,3774	2	14,8078	18	133,2700
3	11,3962	19	72,1761	3	22,2117	19	140,6739
4	15,1950	20	75,9749	4	29,6156	20	148,0778
5	18,9937	30	113,9623	5	37,0159	30	222,1167
6	22,7925	40	151,9497	6	44,4233	40	296,1556
7	26,5912	50	189,9372	7	51,8272	50	370,1945
8	30,3899	60	227,9246	8	59,2311	60	444,2334
9	34,1887	70	265,9120	9	66,6350	70	518,2723
10	37,9874	80	303,8995	10	74,0389	80	592,3112
11	41,7862	90	341,8869	11	81,4428	90	666,3501
12	45,5849	100	379,8744	12	88,8467	100	740,3890
13	49,3837	150	569,8115	13	96,2506	150	1110,5836
14	53,1824	200	759,7487	14	103,6545	200	1480,7781
15	56,9812	250	949,6859	15	111,0584	250	1850,9726
16	60,7799			16	118,2622		

Riduzione dei metri quadrati e cubi, in tese quadrate e cube.

M. q.	Tese quadr.	M. q.	Tese quadr.	M. cu.	Tese cube	M. cub.	Tese cube
1	0,2362	80	21,0596	1	0,1351	80	10,8051
2	0,5265	90	23,6920	2	0,2701	90	12,1558
3	0,7897	100	26,3245	3	0,4052	100	13,5064
4	1,0530	150	39,4837	4	0,5403	150	20,2596
5	1,3162	200	52,6490	5	0,6753	200	27,0128
6	1,5795	250	65,8112	6	0,8104	250	33,7660
7	1,8427	300	78,9735	7	0,9454	300	40,5192
8	2,1060	350	92,1357	8	1,0805	350	47,2724
9	2,3692	400	105,2979	9	1,2156	400	54,0256
10	2,6324	450	118,4602	10	1,3506	450	60,7789
20	5,2649	500	131,6225	20	2,7013	500	67,5321
30	7,8973	600	157,9470	30	4,0519	600	81,0385
40	10,5298	700	184,2715	40	5,4026	700	94,5449
50	13,1622	800	210,5959	50	6,7532	800	108,0513
60	15,7947	900	236,9204	60	8,1038	900	121,5578
70	18,4271			70	9,4545		

Riduzione dei piedi quadrati e cubi in metri quadrati e cubi.

P. qu	Metr. quad.	P. qu.	Metri quad.	P. cubi	Metri cubi	P. cubi	Metri cubi.
1	0,1055	20	2,1104	1	0,03423	20	0,68555
2	0,2110	30	3,1656	2	0,06855	30	1,02832
3	0,3166	40	4,2208	3	0,10283	40	1,37109
4	0,4221	50	5,2760	4	0,13711	50	1,71386
5	0,5276	60	6,3312	5	0,17139	60	2,05664
6	0,6331	70	7,3864	6	0,20566	70	2,39940
7	0,7386	80	8,4417	7	0,23994	80	2,74218
8	0,8442	90	9,4969	8	0,27422	90	3,08495
9	0,9497	100	10,5521	9	0,30850	100	3,42773
10	1,0552			10	0,34277		

Riduzione dei metri quadrati e cubi in piedi quadrati e cubi.

M. qu.	Piede quad.	M. qu.	Piede quad.	M. cubi	Piedi cubi	M. cubi	Piedi cubi
1	9,48	20	189,54	1	29,17	20	583,48
2	18,95	30	284,30	2	58,35	30	875,22
3	28,43	40	379,07	3	87,52	40	1166,95
4	37,91	50	473,84	4	116,70	50	1458,69
5	47,38	60	568,61	5	145,87	60	1750,43
6	56,86	70	663,38	6	175,04	70	2042,47
7	66,34	80	758,15	7	204,22	80	2333,91
8	75,81	96	852,93	8	233,39	90	2625,65
9	85,29	100	947,68	9	262,56	100	2917,39
10	94,77			10	291,74		

Nel costruire le riferite tabelle di riduzione, ci siam valuti dei seguenti valori:

Metro . . . . 0,513074 di tesa.
Metro quadrato . . 0,263244929476 di tesa quadrata
Metro cubo . . . 0,135064128946 di tesa cuba.

Tesa . . . . . . 1,9490365912 metro.
Tesa quadrata. . . 3,7987436338 metri quadrati.
Tesa cuba . . . . 7,4038903430 metri cubi.

La pertica del corpo di acque e foreste noverava 22 piedi di lato, e quindi contenea 484 piedi quadrati.

Il jugero (*arpent*) dello stesso corpo componevasi di 100 pertiche di 22 piedi, e comprendeva 48400 piedi quadrati.

La pertica di parigi avea 18 piedi di lato, in guisa che contenea 324 piedi quadrati.

Il jugero (*arpent*) di Parigi consisteva in 100 pertiche di 18 piedi, e pareggiava 32400 piedi quadrati e 900 simili tese. Quindi esso jugero agguaglia un quadrato di 30 tese di lato.

La nuova unità che aro addimandasi e la quale considerar si potrebbe come la pertica metrica, è un quadrato di 10 metri di lato che comprende 100 metri quadrati.

L'ettaro od il jugero metrico si compone di 100 ari, ossia di 10000 metri quadrati.

	Piedi quadr.	Tese quadr.	Metri quadr.
Pertica delle acque e foreste..	484	13,44	51,07
Jugero (*arpent*) delle acque e foreste.	48400	1344,44	5107,20
Pertica di Parigi........................	324	9	34,19
Jugero (*arpent*) di Parigi...........	32400	900	3418,87
Aro..	947,7	26,32	100
Ettaro	94768,2	2632,45	10000

Riduzione de' jugeri in ettari e viceversa.

Jugeri di 100 pertiche quadrate, di cui ognuna di 18 piedi lineari. Jugeri	Ettari	Jugeri di 100 pertiche quadrate, di cui ognuna di 22 piedi lineari. Jugeri	Ettari
1	0,3419	1	0,5107
2	0.6838	2	1,0214
3	1,0257	3	1,5322
4	1,3675	4	2,0429
5	1,7094	5	2,5536
6	2.0513	6	3,0643
7	2,3932	7	3,5750
8	2,7351	8	4,0858
9	3,0770	9	4,5965
10	3,4189	10	5,1072
100	34,1887	100	51,0720
1000	341,8869	1000	501,7199

Riduzione degli ettari in Jugeri, componendosi la pertica di 18 piedi. Ettari	jugeri	*Riduzione degli ettari in Jugeri, componendosi la pertica di 22 piedi.* Ettari	jugeri
1	2,9249	1	1,9580
2	5,9299	2	3,9160
3	8,7748	3	5,8741
4	11.6998	4	7,8321
5	14,6247	5	9,7901
6	17,5497	6	11,7481
7	20,4746	7	13,7061
8	23,3995	8	15.6642
9	26,3245	9	17,6222
10	29,2494	10	19,5802
100	292,4944	100	195,8020
1000	2924,9437	1000	1958,0201

Conversione degli antichi pesi in nuovi.

Acini	Grammi	Once	Grammi	Libbre	Chilogrammi	Libbre	Chilogrammi
10	0,53	1	30,59	1	0,4895	80	39,1605
20	1,06	2	61,19	2	0,9790	90	44,0555
30	1,59	3	91,78	3	1,4685	100	48,9506
40	2,12	4	122,38	4	1,9580	200	97.9012
50	2,66	5	152,97	5	2.4475	300	146,8518
60	3,19	6	183.56	6	2,9370	400	195,8023
70	3,72	7	214,16	7	3,4265	500	244,7529
		8	244,73	8	3,9160	600	293,7035
Dram		9	275,35	9	4,4056	700	342,6541
1	3,82	10	305,94	10	4.8951	800	391,6047
2	7,65	11	336,53	20	9.7901	900	440,5553
3	11,47	12	367,14	30	14,6852	1000	489,5058
4	15,30	13	397,73	40	19,5802		
5	19,12	14	428,33	50	24.4753		
6	22,94	15	458,91	60	29,3704		
7	26,77	16	489,51	70	34,2654		
8	30,59						

Conversione dei nuovi pesi in antichi.

Grammi.	Lib.	Once.	Acini.	Dram.	Chilog.	Lib.	Once.	Acini.	Dram.
1	0.	0.	0.	19	1	2.	0.	5.	3 5,1
2	0.	0.	0.	38	2	4.	1.	2.	70
3	0.	0.	0.	56	3	6.	2.	0.	33
4	0.	0.	1.	3	4	8.	2.	5.	69
5	0.	0.	1.	22	5	10.	3.	3.	32
6	0.	0.	1.	41	6	12.	4.	0.	67
7	0.	0.	1.	60	7	14.	4.	6.	30
8	0.	0.	2.	7	8	16.	5.	3.	65
9	0.	0.	2.	25	9	18.	6.	1.	28
10	0.	0.	2.	44	10	20.	6.	6.	64
20	0.	0.	5.	17	20	40.	13.	5.	55
30	0.	0.	7.	61	30	61.	4.	4.	47
40	0.	1.	2.	33	40	81.	11.	3.	38
50	0.	1.	5.	5	50	102.	2.	2.	30
60	0.	1.	7.	50	60	122.	9.	1.	21
70	0.	2.	2.	22	70	143.	0,	0.	13
80	0.	2.	4.	66	80	163.	6.	7.	4
90	0.	2.	7.	38	90	183.	13.	5.	68
100	0.	3.	2.	11	100	204.	4.	4.	59
200	0.	6.	4.	21					
300	0.	9.	6.	32					
400	0.	13.	0.	43					
500	1.	0.	2.	53					
600	1.	3.	4,	64					
700	1.	6.	7.	3					
800	1.	10.	1.	13					
900	1.	13.	3.	24					
1000	2.	0.	5.	35					

Moltiplicando il prezzo del chilogrammo per 0,4895, si ottiene quello della libbra.

Moltiplicando il prezzo della libbra per 2,0429, ottiensi quello d chilogrammo.

Il chilogrammo od il piede di un decimetro cubo di acqua distillata presa nel massimo di densità e nel vuoto, vale. 18827,15 acini.

La libbra equivale a 9216

Quindi essa libbra pareggia . . . . 0,489505846 chil.

Ed il chilogrammo . . . . 2,042876302 libbre.

Riduzione dei chilogrammi in libbre e decimali della libbra.

Chilogrammi	Libbre	Chilogrammi	Libbre
1	2,0429	60	122,5726
2	4,0858	70	143,0013
3	6,1286	80	163,4301
4	8,1715	90	183,8589
5	10,2144	100	204,2876
6	12,2573	200	408,5752
7	14,3001	300	612,8629
8	16,3430	400	817,1505
9	18,3859	500	1021,4382
10	20,4288	600	1225,7258
20	40,8575	700	1430,0134
30	61,2863	800	6834,3010
40	81,7151	900	1838,5887
50	102,1439	1000	2042,8763

Riduzione dei grammi in acini e decimali dell' acino.

Grammi	Acini	Grammi	Acini
1	18,8	7	131,8
2	37,6	8	150,6
3	56,5	9	169,4
4	75,3	10	188,3
5	94,1	100	1882,7
6	113,0		

Riduzione de' decigrammi in acini e decimali dell' acino.

Decigrammi	Acini	Decigrammi	Acini
1	1,9	6	11,3
2	3,8	7	13,2
3	5,6	8	15,1
4	7,5	9	16,9
5	9,4	10	18,8

Riduzione degli ettolitri in sestieri in viceversa e componendosi il sestiere di 12 boisseaux *antichi, ed il* boisseau *in 13 litri.*

Ettolitri	Sestieri	Ettolitri	Sestieri
1	0,641	1	1,56
2	1,282	2	3,12
3	1,923	3	4,68
4	2,564	4	6,24
5	3,205	5	7,80
6	3,846	6	9.36
7	4,487	7	10,92
8	5,128	8	12,48
9	5,769	9	14,04
10	6,4.0	10	15,60
20	12,820	20	31,20
30	19,231	30	46,80
40	25,641	40	62,40
50	32,051	50	78,00
60	38.461	60	93,60
70	44,871	70	109,20
80	51,282	80	121.80
90	57,692	90	140.40
100	64,102	100	156,00

Il peso medio dell' ettolitro di frumento è di 75 chilogrammi

Misure di lunghezza.

Inglese	Francese
Pollice (1/36 del yard, verga)	2,539954 centimetro.
Piede (1/3 del yard)	3,0479549 decimetro.
Yard imperiale	0,91438348 metro.
Fathom o braccio (2 yardi)	1,82876696 metro.
Polo o pertica (5 1/2 yardi)	5,02911 metri.
Furlong o stadio (220 yardi)	201,16437 metri.
Miglio (1760 yardi)	1609,3149 metri.

Francese	Inglese
Millimetro	0,03937 pollice.
Centimetro	0,393708 pollice.
Decimetro	0,937079 pollici.
Metro	39,37079 pollici.
	3,2808992 piedi.
	1,093633 yardo.
Miriametro	6,2138 miglia.

Misure di superficie.

Inglese	Francese
Yard quadrato	0,83697 metro quadrato.
Rod (pertica quadrata)	25,291939 metri quadrati.
Rood (1210 yardi quadrati)	10,116775 ari.
Acre (4840 yardi quadrati)	0,304671 ettaro.

Francese	Inglese
Metro quadrato	1,196033 yardo quadrato.
Aro	0,098845 rood.
Ettaro	2,473614 acri.

Misure di capacità.

Inglese	Francese
Pinta (1/8 di gallone)	0,567932 litro.
Quarto (1/4 di gallone)	1,135864 litro.
Gallone imperiale	4,54345794 litri.
Peck (2 galloni)	9,0869159 litri.
Bushel (8 galloni)	36,347664 litri.
Sack (3 bushels)	1,09043 ettolitro.
Quarter (8 bushels)	2,907813 ettolitro.
Chaldron (12 sacks)	13,08516 ettolitro.

Francese	Inglese
Litro	1,760773 pinta.
	0,2200967 gallone.
Decalitro	2,2009667 galloni.
Ettolitro	22,009667 galloni.

Piedi

Inglese Troy	Francese
Acini (24mo del pennyweight) . .	0,06477 grammo
Pennyweight (20mo dell'oncia) . .	1,55456 grammo
Oncia (12mo della libbra troy) . .	31,0913 grammi
Libbra troy imperiale	0,3730956 chilogrammi
Inglese	**Francese**
Dramma (16mo dell'oncia) . . .	1,7712 grammo
Oncia (16mo della libbra) . . .	28,3384 grammi
Libbra avoir	0,4534148 chilogrammo
Quintale (112 libbre)	50,78246 chilogrammi
Ton (20 quintali).	1015,649 chilogrammi
Francese	**Inglese**
Grammo	15,438 acini troy 0,643 pennyweights 0,03216 oncia troy
Chilogrammo	2,68027 libbre troy 2,20548 libbre

(Estratto dall' Almanacco dell' uffizio delle longitudini)

NOTE E SCHIARIMENTI

DEL

TRADUTTORE.

Nel presentare che facciamo alcuni schiarimenti a que' luoghi dell' opera che sembrano più degli altri meritarli, e aggiugnendo, a più facile intelligenza de' pochi principî fondamentali, alquante noterelle, egli è nostro intendimento di non dipartirci il più delle volte dal piano dell'autore. Ei suppone già conte e dimostrate le teoriche alle quali si appoggian le risultanze che viene sponendo. Per tal guisa, mentre per una banda getteremo alcuna luce sul complesso delle dottrine, almeno per tutto quanto ha rapporto al loro linguaggio ed alle primordiali significazioni, serberemo invariato il sistema da essolui prescelto; e rifermerannosi nella mente dello studioso le verità altrove apprese e nel corso del presente libro rimemorate, e più accessibili si renderanno a quelli fra i nostri industriali i quali nei privati loro stabilimenti volessero farne l'applicazione alle arti meccaniche. Render fil filo ragione di ogni risultanza e comentarla ne' varî suoi modi, saria obbietto di amplissimo lavoro, ed i confini trascenderebbonsi alla compilazione di questo sì utile Manuale assegnati.

Non deesi poi non far notare, siccome il più delle poche cose le quali quì appresso dichiaransi, son comuni nella sostanza ai principî sparsi ne' lavori scientifici de' moderni scrittori; tra' più cospicui de' quali è da noverare il dotto Poncelet, membro dell'Istituto di Francia per la parte matematica. Ma incominceremo dal presentare una Tabella di riduzione delle nostre misure, secondo che venner determinate col decreto del 6 aprile 1840, in quelle di Francia e d' Inghilterra; ell' è indispensabile a poter tradurre nel nostro linguaggio metrico le dimensioni e le quantità le quali riportansi nel corso dell' opera.

[A] *Tabella comparativa di riduzione del sistema metrico di Napoli col simile sistema nuovo ed antico di Francia, e col legale d' Inghilterra.*

Palmo lineare	0,26455 metro	0,81441 p. fr.	0,867963 pied. ing. 0,289321 yards in.
Palmo quadr.	0,0699867 m. q.	0,66325 p. q. f.	0,753359 p. q. ing.
Palmo cubico.	0,018515 m. cub.	0,540151 p. c. f.	0,653858 p. c. ing.
Canna lin....	2,645502 metro	8,144 p. fr. 1,35733 tese	8,67963 piedi ing. 2,89321 yards ing.
Canna quadr.	6,99868 m. qu. 0,069987 ari	66,32525 p. q. f. 1,842368 t. q. f.	75,32597 p. q. ing. 8,37066 y. q. ing.
Canna cubica.	18,51504 met. c.	540,155 p. c. f. 2,50067 t. c. f.	653,888 p. cub. ing. 24,2181 yar. c. ing.
Moggio......	6,99868 ari 0,069987 ettari	0,137036 arp. fo. 0,204714 arp. pa.	0,172947 acri ing.
Metro.......	3,78 palmi 0,378 canna	3,07844 p. fr. 0,513074 tesa	3,280899 p. ing. 1,093633 yar. ing.
Metro quadr..	14,2884 pal. q. 0,142884 can. q.	9,4768 p. q. f. 0,263245 tesa q.	10,7543 p. qu. ing. 1.19603 yards qu.
Metro cubico.	54,01015 p. cub. 0,05401 can. c.	29,17374 p. c. f. 0,135064 tesa c.	35,3166 p. cub. ing. 1,30802 yar. c. ing.
Piede franc. .	0,32484 metro	1,22789 pal. n.	1,065767 p. ing.
Piede quad...	0,105521 met. q.	1,50771 pal. q.	1,13586 p. q. ing.
Piede cubico.	0,034277 met. c.	1,85131 pal. c.	1,21056 p. c. ing.
Pollice......	0,02707 metro	0,102325 palmo	1,065767 pol. ing.
Linea	0,002256 metro	0,008527 palmo	1,065767 linee ing.
Tesa	1,94904 metri	7,36734 palmi 0,736734 canna	6,394602 p. ing. 2,131534 yar. ing.
Tesa quad. . .	3,79876 met. q.	54,27756 pal. q. 0,5427756 c. qu.	4,54344 y. q. ing.
Tesa cubica .	7,40393 met. c.	399,88296 pal. c. 0,39988296 c. c.	9,68449 yar. c. ing.
Ettaro	14,2884 mog. n.	1,95802 arp. for. 2,92504 arp. par.	2,47114 acri ing.
Arpent fores.	0.51072 ettari	7,29735 m. n.	1,26207 acri ingl.
Arpent par. .	0,341876 ettari	4,88487 m. n.	0,844825 acri ing.
Acre inglese.	0,404671 ettari	5,7821 m. n.	0,79235 arp. for. 1,18368 arp. parig.
Millimetro. . .	3,78 mil. di p.	0,443296 lin. f.	0,415941 linea ing.
Milles. di pal.	0,26455 millim.	0,11727 lin. f.	0,11 linea inglese
Piede inglese.	1,152124 pal. n.	0,3047945 metr.	0,93829 pied. fran.
Piede qu. ing.	1,3273897 p. q. n.	0,0928997 m. q.	0,880388 p. q. fr.
Piede cub. in.	1,5293176 p. c. n.	0,0283153 m. c.	0,8260596 p. c. fr.
Yard......	3,456372 p. nap. 0,345637 c. n.	0,9143835 metr.	2,81487 piedi fran. 0,469156 tesa
Yard quadrate	11,9465 p. q. n. 0,119465 c. q. n.	0,836097 m. qu.	7,923496 p. q. fr. 0,220098 tesa qu.

Yard cubico..	41,29156 p.c. n. 0,0412915 o.c.n.	0,764513 m. c.	22,30361 p.o.fran. 0,103258 tesa cub.
Miglio napol.	1,85185185 chil.	1,24566 m. sic.	1,15093migliaing.
Chilometro . .	0,54 mig.nap.	0,672656 m.sic.	0,621504 mig.ing.
Miglio siculo .	1,486644 chilom.	0,802789 m. n.	0,923955 mig.ing.
Miglio inglese.	1,609 chilom.	0,868861 m. n.	1,082303 mig.sic.
Braccio di marina 5 p. fr.	6,13945 p.nap.	1,6242 metri	5,328835piedi ing.
Tomolo nap. .	0,555451 ettolit.	12,2253 galloni	
Barile nap. . .	0,43625 ettolit.	9,60171 galloni	
Misura nap. . .	2,31438 litri	0,509387galloni	
Caraffa nap. .	0,84579 litro	0,186155galloni	
Ettolitro	1,800338 tomoli	2,29226 barili	
Gallone.	0,0454346 ettol.	0,081977 to. n.	0,104148bar.nap.
Gallone.	4,54346 litri	1,96314 mis.n.	5,37186 car. nap.
Rotolo nap . .	0,8909972 chilog	1,820196 lib.fr.	2,38812 l.ing.troy 1,9651 l.in.a.du p.
Chilogrammo.	1,1223378 rot.n.	2,04288 lib. fr.	2,680275 l.in.troy 2,205484l.i.a.dup
Libbra franc. .	0,549391 rot.n.	0,489506chilog.	1,3120 l.ing.troy 1,07960 l.i.a.du p.
Libbra inglese troy 12 once.	0,41874 rot. n.	0,373096chilog.	0,762189 lib.fran.
Lib. ing. avoir du p. 16 on.	0,508885 rot. n.	0,453415chilog	0,92627 lib. fran.
Cantajo nap.	0,8909972 qu.m.	1,75454 q.ing.	1,82096 qn.an.fr.
Cantajo nap.	0,08909972 t. m.	0,0877275t.ing.	1,75454 quin.ing.
Quintale met.	1,122338 cant.n.	2,04288 q.an. f.	220,5484 l.a.du p.i.
Quintale ingl.	50,78248 chilog.	56,9951 rot. n.	1,03744 qu.an.fr
Tonnel metr. .	0,984592ton.ing.	11,22338 cant.n.	0,979112t.2000l.f.
Tonnel ingl. .	1,0156496ton.m.	11,39893 cant.n.	1,000559t.2000 l.f

L'antica tonnellata francese di mare era di 42 piedi cubi, equivalenti a 1,43976 metri cubici, a 77,75544 palmi cubici, a 50,84352 piedi cubici inglesi.

Porgiamo agl' Industriali pe'quali scriviamo questi schiarimenti, alcune applicazioni.

In conformità del ridetto Decreto del 6 aprile, la lunghezza del palmo è stabilita eguale alla 7000ma parte del minuto del meridiano terrestre; ella è da più della lunghezza del palmo antico per 0,88 millimetri, quantità impercettibile negli usi del commercio. Or siccome 60 minuti compongono il grado, e 90 gradi, la quarta parte del meridiano, la quale dicesi quadrante, così è chiaro che il palmo è un aliquota di esso quadrante espressa dal numero $7000 \times 60 \times 90 = 37800000$.

Si dee intendere, che il minuto di cui il palmo rappresenta la 7000ma parte, è il medio aritmetico fra i 4500′ del quadrante; i quali, e maggiormente i 90° cui riduconsi, son tutti alle varie latitudini disuguali in lunghezza, stante la forma non perfettamente sferica della terra. Il celebre astronomo Delambre corresse ed accrebbe di $\frac{724}{10000000}$ la misura del quadrante eseguita alcuni anni innanzi dai dotti francesi e donde fu tratta la lunghezza legale del metro; di tal che l'unità fondamentale che in Francia fu statuito di dover esser la 10000000 parte del quadrante, riesce alquanto minore della vera. Nondimeno la citata Legge del 6 aprile, per serbare un rapporto immediato col metro legale di Francia, che si considera dipendente dal numero 10000000 e non dall'altro del Delambre in metri 10000724 (1), ha ritenuta la primitiva misura riconosciuta da quel governo; e per conseguenza il nostro palmo nuovo sta al metro legale francese, cioè

$$1^{p} : 1^{m} :: 10000000 : 37800000 ;$$

(1) Il nostro Uffizio topografico considera il suo passo geodetico composto di sette palmi, ciascuno la 37800000ma parte di 10000724 metri e non di 10000000 metri; esso risulta $= 1^{m},851985926$; la differenza tra 'l nuovo palmo legale e l'altro ch'è aliquota del passo geodetico è lievissima, e quindi trascurabile negli usi civili e nelle operazioni topografiche. In tutti gli Stati di Europa si valgono della correzione del Delambre in materia di Geodesia.

donde $1^p = \frac{10000000}{37800000} = \frac{100}{378} = 0^m, 26455$, ed $1^m = \frac{378}{100} = 3,78$ palmi.

Giova notare che il palmo napolitano antico pareggia $0^m, 26367$; donde s'inferisce che il nuovo $= \frac{0^m,26455}{0^m,26367} = 1,^p 003$, e l'antico $= \frac{0^m,26367}{0^m,26455} = 0,^p 997$. Sicchè volendo convertire un numero di palmi antichi in nuovi, bisognerà moltiplicarli per 1,003; e viceversa, se debbonsi ridurre i palmi nuovi in antichi, convien moltipicarli per 0,997.

Spiegato il rapporto delle due unità fondamentali di entrambi i paesi, sulle quali si fondano le misure di superficie, di capacità e di peso, rechiamo in mezzo un qualche esempio di riduzione. Volendo convertire metri 2576,25 in palmi nuovi, stabileremo la proporzione $1^m : 2576^m, 25 :: 0,264 : x$; donde il valore di x in palmi. Per contrario se palmi 8450 abbiano a ridursi in metri, pianteremo l'altra proporzione $1^p : 8450^p :: 3^m,78 : x$.

Inoltre risultando dalla tabella che un rotolo = chil.0,890ec., ed un chilogrammo = rot. 1,112 ec., si scorge che se si vuol sapere rot. 549 a che numero di chilogrammi corrispondono, e 2460chil. quanti rotoli compongono, ci varremo rispettivamente delle due proporzioni

$$1^r : 549^r :: 0^{chil}, 890 : x$$

$$1^{chil} : 2460^{chil} :: 1,122 : x.$$

E procederemo del pari in ordine ad ogni altra conversione di quantità metrica di un paese in quella della stessa natura di altro paese (2).

(2) A ciò fare, si dee aver sempre innanzi il rapporto che passa fra le unità fondamentali de' due sistemi, sia di lunghezza e di superficie, sia di capacità pe' liquidi e per gli aridi. Cotesti rapporti veggonsi registrati per una gran copia di paesi nella *Metrologia* del Favari, che potrà nelle occorrenze consultarsi.

(B) *Pag. 11. Linea 5.ª da sotto in sopra.* Quindi allorchè dicesi che una macchina vien messa, a cagion d' esempio, dalla forza di 100 cavalli, si dee intendere che a porla in azione ed a poter servire all'ufizio cui è destinata, impiegasi un peso che innalzar si può da' divisati 100 cavalli; ed avvegnaché nelle industrie si è convenuto stabilire che un cavallo abbia tal forza da sollevare in 1" chilog. 75 all' altezza di un metro, così la misura della potenza di 100 cavalli equivale all'espressione di 7500 chil. elevati in 1" all'altezza di un metro. Ciò vien pure dall' autore più compendiosamente avvertito nella pagina che segue. Ci si condoni qualche lieve ripetizione a cui siam talora condotti in grazia della chiara idea ch' è d' uopo si abbia delle prime nozioni.

(C) *Pag. 11. Linea 10.ma da sotto in sopra.* Forza. *Le forze che operano nelle macchine sono comparabili ai pesi.*

Allorchè dicesi che una macchina ha la forza, a mò di esprimerci, di 12 cavalli, intendesi, come abbiam testè dichiarato, ch' ella innalzar possa un peso al cui sollevamento occorrerebbero 12 di cotesti utili animali. Suppongasi che per sopra ad una girella passi una fune alla cui estremità penda una massa marmorea; se l' altra estremità sia tratta in modo dai 12 cavalli, che il peso venga mano mano innalzandosi, l' azione necessaria a produrre simigliante effetto, è appunto quella che profferisce l'idea che noi formar ci dobbiamo della forza. Or, un apparato qualunque mosso o dall'acqua o dal vapore o dal vento, può ben sostituirsi alla potenza animale impiegata; e questo è il caso di dire in linguaggio industriale, che il tale apparato abbia la forza o la potenza di 12 cavalli bastevoli a trarre in alto il divisato peso. Ecco perchè *le forze son comparibili ai pesi.* È arbitraria la scelta dell' unità di misura intesa ad esprimere la quantità di azione di un motore. Così nell'addotto esempio, alla potenza di 12 cavalli, potevamo sostituire quella di 80 e più uomini, o di un numero di bovi minore di 12. Veggasi alla pagina seguente, *Forza dinamica in cavalli.*

Ogni sforzo tendente a rimuovere un corpo, sia esso libero o no, equivale ad una pressione esercitata su di noi. Questa pressio-

ne dee considerarsi come l'effetto di un peso da noi sostenuto, sia immediatamente, sia per mezzo di ordigni che l'uomo ha immaginato, come sarebbe la fune. Il peso o l'azione della gravità dei corpi varia secondo la distanza a cui questi ritrovansi dal centro della terra; e ciò, in seguela della legge universale per cui i loro atomi componenti vengono attratti verso quel sito. Il perchè nelle regioni presso l'equatore in dove la terra è più rigonfia che presso i poli, l'azione della gravità è minore. Così a sostenere od a sollevare uno stesso corpo, non si richiede sempre la medesima forza; ma è riconosciuto che all'altezza di una lega dall'involucro del nostro globo, il peso di un corpo subisce la diminuzione di $\frac{1}{750}$ della sua massa rispetto a quando lo si consideri alla superficie terrestre. Quindi è di ragione che si ritenga per invariabile l'azione della gravità od il peso de'corpi, e per conseguenza la forza ch'e' rappresentano negli stabilimenti industriali.

Aggiungiamo che la meccanica insegna il mezzo di trasmutare il moto rettilineo verticale od orizzontale, ossia l'applicazione della forza in ambi questi sensi, in moto circolare; donde risultano gli apparati a mulino per la triturazione dei cereali e le molte ruote idrauliche con le quali si animano gli opifici meccanici, i battelli a vapore, e via discorrendo.

(D) Velocita'. Possiamo considerare in fine di tale paragrafo, che di due corpi quello è più veloce dell'altro, il quale in pari tempo percorre uno spazio maggiore; e che se un corpo in 10″ attraversa 100 metri di spazio, sia rettilineo come un peso che venga tirato su, sia circolare come il dente di una ruota idraulica, sia parabolico come il projettile di un'arma da fuoco, è evidente che 10 metri di lunghezza vengono percorsi in 1″, epperò la velocità v pareggia lo spazio $s = 100$ diviso pel tempo $t =$ 10, ossia $v = \frac{s}{t}$ Si scorge pure che tanto è dire velocità nel presente caso e in tutti gli altri consimili, quanto un numero di metri percorsi nell'unità di tempo scelta ad arbitrio per misura, la quale è il 1″; sicchè a rigore parlando, non ci è dato di for-

marci un' idea adeguata della velocità se non indicando ad una volta la lunghezza corsa da un mobile in un tempo dato. È un'idea composta di due elementi, dello spazio cioè, e del tempo misura.

(E)Pag.12. Quantita' di azione o di lavoro. La quantità di azione o di lavoro, si stima da' moderni meccanici rappresentata dal prodotto dell' intensità della forza moltiplicata per la lunghezza dello spazio percorso dal punto in cui siffatta forza viene applicata. Per guisa che se la forza di un ordigno qualunque o la forza animale si supponga di 20 chilog. e con essa s' immagini tirarsi un corpo lungo un cammino per metri 10 in 1″, egli è chiaro che la quantità di azione o di lavoro sarà espressa dal prodotto di chil. 20×10^{m}. E poichè riesce ugualmente chiara l'idea se invece di dire che 20 chil. sien tirati per la lunghezza di 10 metri, additiamo che 20 chil. vengano sollevati all' altezza di 10 metri o più o meno, così per quantità di azione o di lavoro hanno i meccanici adottato il principio di un certo numero di chilogrammi elevati a certa altezza in un tempo convenuto, cioè nel 1″, ch' è un intervallo brevissimo per lo quale evitasi nella espressione delle forze la moltiplicità delle cifre. L'unità di misura della quantità di azione o di lavoro è poi il chilogrammo elevato all' altezza di un metro in 1″, siccome dal nostro autore dichiarasi e dianzi abbiam detto.

E non si stenterà a concepire siccome la quantità di azione emerga dal prodotto dell' intensità della forza per lo cammino corso dal mobile secondo la direzion di quella. Infatti egli è evidente che se un ordigno qualunque si fa a disgregare una parte integrante di un corpo, come una sega la quale divida in due un fusto di albero; non solo dee la medesima o la forza che la muove, vincere una prima resistenza che incontra; ma è d'uopo ch' ella, ossia il punto, o la superficie di azione della sua lama, distrugga la riproduzione della stessa resistenza nel senso opposto al di lei cammino. Senza di ciò, non giungerebbesi allo scopo del lavoro. Non altrimenti accade di un grave che sollevar si voglia col mezzo di una fune la quale strisci su per una carruco-

la. La quantità di azione o di lavoro, l'effetto meccanico il quale propongonsi le industrie, è quello non solo di superare con la forza applicata la di lui naturale gravità in sollevarlo, ma si ancora di sospingerlo con un effetto direttamente contrario alla sua naturale tendenza, nel sito in cui vuol essere allogato. Nell'esempio della sega e del fusto d'albero, la intensità dello sforzo che dall'ordigno si esercita dee crescere in ragione dell'ampiezza della parte da distaccare, la quale viene allungandosi a seconda che la sega procede nel cammino opposto alla direzione della resistenza; il perchè chiaro emerge siccome la quantità del lavoro ottenuto serbi una ragion composta dei due divisati elementi, e per conseguenza equivalga al lor prodotto. Un cavallo che messo di galoppo ci profferirebbe il solo elemento del cammino o della velocità in dato tempo senza esibirci quello della forza, non porgerà verun dato servibile nel rapporto industriale; siccome del pari non 'l porgerà un uomo che reggesse a un dato peso, stando fermo in un sito. Il valore di un effetto industriale non è già vincolato alla potenza produttrice di un motore, o di una macchina in cui andasse isolatamente considerato o lo sforzo assoluto di cui è capace, o lo spazio percorso dal punto di azione. Nel primo caso essa potenza rappresenteria un masso inerte, e nel secondo, l'addotto corridore; il che mena in entrambo le posizioni a manifesto assurdo.

Quel che il nostro autore, seguendo il linguaggio adottato dal Coulomb, dal Navier e da altri, ha chiamato *quantità di azione*, il Carnot volle si dicesse *potenza meccanica*, il Monge e l'Hachette denominarono *effetto dinamico*. Queste voci son sinonime di lavoro meccanico messe in voga dal Poncelet, il cui scopo altramente ei dichiarò con la frase *quantità di lavoro*. Altri contrassegnò disaccortamente la stessa cosa con la *quantità di moto*; nulla curando che con gli stessi vocaboli esprimesi tutt'altra cosa in Meccanica, intendendosi per essa il prodotto della intensità della forza moltiplicata per la velocità. L'equivoco sorse dacchè nel moto uniforme la velocità vien misurata dal cammino percorso dal punto di applicazione nell'unità di tempo,

ed in questo caso si trova in vero la quantità di lavoro rappresentata dal prodotto di uno sforzo e della velocità; ma in sostanza la loro misura è assai diversa. In breve, è avvenuto di questo vario modo di designare *la quantità di azione o di lavoro* quel che accadde dei differenti sensi dati alla *forza viva*, donde scaturirono dubbiezze e conflitti di parole; inconvenienti che qui sol si rammentano per fare spiccar la necessità di ben intendere le definizioni dagli scrittori date alle voci, pria di addentrarci nello studio delle loro opere, e perchè penetrar ci vogliamo del vero significato dei termini nel presente Manuale adoperati.

Da ultimo, è da avvertire, *di non doversi confondere la quantità di azione o di lavoro* delle forze, con l'opera già bella e fatta in conseguenza dello sviluppo ed applicazion di quella. Ad asseguire l'opera finita fa mestieri distruggere molte altre resistenze intermedie, l'insieme degli effetti più o meno complicati degli agenti materiali od animali. La *quantità di azione* è invece il risultamento che hassi dall'applicare una forza contro una resistenza direttamente opposta, ed operante costantemente *nella sua propria direzione*; per guisa che non sarà discorso della potenza di un uomo, di un cavallo, di un motoro qualunque, senza che ad una volta non si additino il punto di applicazione di siffatta potenza, e la sua intensità e dirittura; e non dissimili cose appunto prendonsi in vedute, lorchè fassi parola della quantità di azione o di lavoro. Sicchè dovendosi intendere per essa l'opera che risulta dal di lei pieno sviluppo, egli è chiaro che precisamente la quantità di azione o di lavoro è quella che nelle industrie *viene ad altrui pagato.*

(F) *Pag. 12.* Forza dinamica in Cavalli. Oltre all'unità di lavoro dal Morin dichiarata, e che appo i meccanici inglesi e francesi è più in voga, taluni, come il Mongolfier, l'Hachette, il Clément la rappresentarono la mercè di 1 metro cubo, ovvero 1000 chilogrammi elevati ad 1 metro di altezza. Altri e il Dupin per lo primo, proposero 1000 metri cubi di acqua innalzata all'altezza di un metro, aggiungendo che il lavoro si compiesse nello spazio di ore 24. Appellarono queste unità col nome

di *dinami*, *dinamie*; ma non andaron su di ciò di accordo più di quel che no 'l fossero in contrassegnare il modulo, diremmo, di velocità, dipendente ad una volta, come dianzi è detto, dall'unità di tempo e dall'unità di lunghezza.

(*G*) *Pag. 13.* MASSE DE' CORPI. L'aria atmosferica è un corpo materiale che per la sua impenetrabilità ed inerzia oppone una perenne resistenza al moto di qualsiasi grave. Questa resistenza cresce in ragione della velocità e della superficie del corpo; di tal che agitando una pala di piatto e lentamente pel manico, ella incontra assai minore ostacolo del se venga sospinta intorno con grande rapidità. Similmente percotendo l'aria col taglio della stessa pala, vien menomando, sotto pari velocità, la resistenza.

Ogni corpo è l'aggregato di tutti gli atomi che il compongono; e la sua *massa* altra cosa non è fuor dell'insieme di tali atomi, ovvero della *quantità di materia ond' è formata.*

Se tre palle di egual volume, una di piombo, la seconda di legno, e la terza di esca, si gittan giù da una stessa altezza, urterà nel suolo prima la palla di piombo, indi quella di legno, in ultimo la palla di esca; la qual cosa importa, che l'attrazione la quale sperimentasi da ciascun atomo o particella indivisibile è uguale in tutti i corpi. E siccome per esser pari di volume le tre palle, la stessa quantità di aria si oppone alla loro tendenza verso il centro della terra, o gravità che dir si voglia, così avviene che i mille atomi aggregati nella palla di piombo vincono l'ostacolo della soggiacente atmosfera assai prima dei 500 atomi della palla di legno, e questi assai prima ancora dei 100 atomi della palla di esca. Verità di grave importanza in Fisica ed in Meccanica, e la quale vien rifermata dal far cadere i tre divisati corpicciuoli, p. e. da sotto il fondo di un cilindro rovescio, in cui siasi formato il vuoto col mezzo di uno stantuffo tirato in basso. Si scorgerà che i tre gravi medesimi cadranno nello stesso istante e sur uno stesso piano, al pari di un lievissimo fuscellino. Tutti gli atomi, o parti indivisibili della materia, il ripetiamo, son dotati della stessa gravità; e la *massa* è il complesso di questi atomi, ovvero la quantità di materia di un corpo.

La *massa*, sovente scambiata pel peso di un corpo, è pur tuttavolta dal medesimo diversa. Ella esprime la quantità degli atomi; il peso addita l'effetto che la gravità di questi atomi produce su di una bilancia. Or siccome nota (C), la gravità della materia cresce in ragione della minore distanza dal centro della terra, sì ch' ella è più intensa sotto i poli e va menomando a misura che ci appressiamo all' equatore, così il peso di un corpo può variare secondo la gravità o il complesso delle piccole azioni che operano sulle sue molecole, mentre l' insieme di coteste molecole, o la sua quantità di materia, o a dir breve la massa assoluta, è sempre identica, sia che il corpo si trasporti nelle regioni polari, sia che si ritrovi in paesi sotto la Linea.

La velocità che ad un corpo imprime la gravità in fine del primo minuto secondo è sempre proporzionale alla somma degli atomi in esso contenuti, sia qualunque il luogo che si considera: così dalla sperienza. Sicchè se chiamo P il peso risultante dalla quantità di materia ed all'effetto della gravità, di un corpo, non v'ha dubbio che la massa la quale è indipendente da quest' ultimo elemento, troverà un'acconcia espressione nel peso diviso per detta velocità a capo di un 1'', cioè che sia $M=\frac{P}{g}$, donde $P=Mg$. Nella seconda parte di quest'ultima eguaglianza trovansi moltiplicati i due elementi generatori del peso di un corpo.

E qui cade in acconcio di distinguere il *peso* ancora dalla gravità; perciocchè questa è la forza che diremmo misteriosa la quale sollecita ogni particella della materia verso il centro della terra, è una potenza acceleratrice continua, operante con una intensità eguale in ogni attimo, qualunque esser si possa la velocità acquistata; che è quanto dire, ella è una causa astratta, ed il peso è una conseguenza concreta di siffatta causa applicata agli atomi della materia. Il peso consta di due elementi, e la gravità di un solo, ed è una legge che finora si reputa immateriale nel sistema del mondo. Ella assume il nome di gravitazione allorchè vien considerata in ordine a' corpi celesti.

(H) Forze vive. Abbiam detto alla nota (C), che le forze in ge-

nerale non altro essendo se non il conato per cui un corpo vien da noi o da checchessia *tratto o sospinto*, esse equivalgono, o a dir meglio, sono assolutamente equiparabili ad un carico che noi sostener possiamo, od a semplici pressioni. Coteste pressioni si valutano la mercè dei pesi, la cui maggiore o minor quantità determina la grandezza di quelle.

Si è pure osservato alla nota (E), siccome per quantità di azione o di lavoro nella Meccanica industriale intendesi il peso P innalzato all'altezza H; laonde l'espressione del suo valore hassi nel prodotto di $P \times H$.

Or *la forza viva* di un corpo o di un agente qualsivoglia non è veruna delle due dichiarate quantità; sì bene, ove si badi alla definizione che ne dànno i moderni geometri, è il *risultamento dell' attività di una potenza motrice*, ossia nel nostro caso, della pressione impiegata per un tempo più o men lungo a vincer l'inerzia della materia di un corpo, ad imprimere un certo movimento, una certa velocità, al corpo medesimo. Così la forza viva appellar si dovrebbe *l'effetto dinamico della forza motrice*.

La quantità di azione sviluppata da un corpo del peso P, discendente da un'altezza H, abbiam detto essere $P \times H$; e la medesima acquisterà una velocità V determinabile dalla equazione $V^2 = 2gH$. Veggansi le formole riportate nel seguito dell' Appendice, relative alla caduta de' gravi nel vuoto. Dividendo per $2g$ ambi i suoi membri, rinverremo $H = \frac{V^2}{2g}$; sicchè ponendo questo valore in $P \times H$, avremo per la quantità di azione sviluppata con la velocità V, in detto corpo, $P \times \frac{V^2}{2g}$, ovvero $\frac{1}{2}\frac{P}{g} \times V^2 = P \times H$.

Per la qual cosa la quantità di azione che disviluppasi dalla gravità di un corpo procedendo con la velocità V, pareggia la metà del prodotto che ottiensi dal moltiplicare il quadrato di essa velocità per lo peso P, diviso per l'altra velocità $g = 9^m, 8088$, che la

legge della caduta de'gravi imprime ad ogni corpo in fine del primo minuto secondo; e questa seconda parte della riferita eguaglianza, è ciò che *forza viva* si addimanda.

Cotesta forza viva impressa ad un corpo in fine della sua caduta, risulta doppia della quantità di azione o di lavoro spesa dalla gravità per produrre la caduta verticale di un corpo; o ch'è tutt'uno, *la forza viva prodotta è doppia della quantità di azione spesa dalla gravità.*

Lo stesso avverasi, qualora un grave invece di discendere, sia lanciato di sotto in sopra, la quantità di azione o di lavoro venendo sempre misurata dal prodotto di $P \times H$.

Vedemmo esser $\frac{P}{g}$ nota (G) l'espressione della massa M; sicchè il valore della *forza viva* di un corpo assume la forma di MV^2, e quindi più laconicamente si dice pareggiar la medesima il prodotto della massa pel quadrato dell'attuale velocità.

Tutte le volte che ci valghiamo dell'espressione di forza viva di un corpo, è d'uopo risovvenirsi soltanto del suo valore numerico, equivalente, come abbiam detto, alla metà del prodotto del peso di esso corpo diviso per g ovvero 9, 8088, e moltiplicato pel quadrato della velocità con cui discende o sale, e non badar punto alla significanza delle voci con cui viene indicata nel discorso. Che anzi giova aver sempre presente, che i vocaboli di *forza viva, di forza morta*, *di massa*, *di quantità di movimento* ec., altro non sono fuorchè de'modi compendiosi di esprimerci e d'intenderci. Quel chè rileva è di rappresentarci alla mente, appena vengon profferiti, il lor genuino valore, sia comunque simboleggiato nel linguaggio convenzionale della scienza.

Molto disputarono i geometri del secolo scorso intorno alla misura delle forze vive e delle forze morte. Ciò nacque dall'aver taluni mal definita la significanza di queste voci, e di aver altri seguita la novità, siccome avviene nelle umane cose, senza molto riflettere alla convenienza dell'adozione. Si confuse l'effetto od il risultamento rappresentato dalla forza viva, con la *causa*, la quale

designasi dalla potenza motrice; confusione alla quale cooperò per fermo il rapporto che havvi tra la misura delle due additate quantità, cioè dell'effetto e della causa, però che più quest'ultima è grande, maggiore l'effetto si appalesa, ma non perciò l'una è da confonder con l'altro. Denominossi forza, l'effetto od il prodotto dell'attività di un motore; e perchè scambiar non si potesse con la semplice pressione o sforzo che il motore stesso esercita contro un corpo che resiste alla sua azione e quindi non si sposta dal sito in cui si ritrova; appellaron *viva* la forza che ingenerava un movimento, *morta* quella per cui tal movimento non avea luogo. Sicchè secondo cotesta maniera di esprimersi, da una causa o da una quantità di azione, non ne conseguitava un effetto od un prodotto in *forza viva* che nel solo caso in cui si avverasse un movimento. La prima idea che parasi alla mente all'udir le voci di forza viva quella si è di una potenza che disviluppasi intrinsecamente da un essere, per lo manco, organico ed animale; eppure, nè i moderni meccanici, nè i geometri che li precedettero, han voluto che ciò appunto avesse ad intendersi; e fra i tanti vocaboli atti ad additar la stessa cosa senza implicar dubbiezze, equivoci ed oscurità, piacque ad essi di scerre appunto l'espressione di forza viva, ch'è la meno verosimile per rispetto a quel che si vuole esprimere, quasi con essa ammetter vorriasi, che i corpi e gli apparati meccanici in moto, fossero altrettanti semoventi. Lo stesso possiam dire dell'altra espressione di *quantità di lavoro*. P><H non è un lavoro, bensì una forza capace di una certa azione. Quindi sarà bene il denominarla quantità di azione, che non ingenera equivoco, invece di quantità di lavoro, che fa sorgere idee tutt'altre di quel che voglionsi in fatto dichiarare, stantechè lavoro è un'opera finita, laddove P><H allude ad una forza che ponsi in azione per produrre il lavoro. I Francesi cui in gran parte si dee l'uso di simili espressioni, sono talvolta poco felici nello stabilire l'identità fra le cose ed i nomi che loro appongono.

Che se la forza viva, o l'effetto dinamico, o il prodotto di una quantità di azione, che dir vogliamo, addivenir può anch'esso a suo giro una causa generatrice, come accade di un corpo lanciato in

alto il quale pervenuto al punto di ricadere, dacchè rappresentava una forza viva, un effetto dinamico, un prodotto di quantità di azione, or si trasmuta in potenza; egli è chiaro che questa causa seconda non è per nulla identica alla prima, in virtù di cui venne sospinto in alto, sebbene serbi con essa una stretta relazione. E in tal caso avverasi quel che si scorge in ordine ad una forza motrice la quale abbia disviluppata una quantità di azione per premère, per tendere una molla. Cessata che sarà la preponderanza di essa forza, finirà di convellersi il corpo metallico; e la sua elasticità molecolare restituisce la quantità di azione prima trasmessagli. L'inerzia della materia del grave lanciato in alto, in virtù di cui venne a ricadere, opera del pari che la elasticità molecolare della molla; per guisa che tanto questa, quanto l'inerzia valgono a far provvista della forza viva in cui si trasforma la quantità di azione; e sotto tal rispetto la forza viva deesi reputar ben anco come ***una quantità di azione disponibile.***

La meccanica industriale ha per iscopo d'indagar le varie trasformazioni o metamorfisi che la forza motrice o la quantità di azione subisce la mercè degli apparati; e di porre a confronto e di estimare in peculio od in opera gli effetti che ne conseguitano.

Rechiamo in mezzo alcuni esempli dell'applicazione di questi principî. E ponghiamo da prima, che un motore, come la forza di più animali o dell'acqua corrente, abbia da innalzare direttamente col mezzo di congegnate macchine un peso di 5000 chil. Sia la velocità del fluido di 0^{m}, 3 per secondo, più che sufficiente per un peso così ragguardevole.

La quantità di azione assorbita dall'inerzia, dovendo esser la metà della forza viva, verrà ella misurata dalla formola

$$\frac{1}{2}\frac{P}{g}V^{2}=\frac{1}{2}\frac{5000^{chil}}{9,81}\times 0,09=23^{chm} \text{ circa.}$$

Consideriamo inoltre un carro del peso di 10000 chil. tirato da cavalli lungo una via orizzontale con una velocità media di 1^{m} per

secondo. La quantità di azione che andrà spesa per vincere ne' primi istanti l' inerzia, a prescindere da ognaltra resistenza di attrito e simile, sarà espressa da

$$\frac{1}{2}MV^2=\frac{1}{2}\,\frac{P}{g}\,V^2=\frac{1}{2}\,\frac{10000}{9,81}\times1^m\times1^m=510^{chm},$$

essendochè $P=10000^{ch}$, $V=1^m$, $g=9^m,81$ a un dipresso.

Dicemmo pareggiar l'inerzia la metà della forza viva, perocchè è ella uguale, come si sa, e contraria alla forza motrice; ella cresce a mano a mano che viene aumentando la quantità di materia del corpo libero e la velocità con cui vien mosso.

Perchè poi si vegga esser lievissima questa porzione della forza motrice assorbita, ritengasi che un buon cavallo da carretta procedendo col suo passo ordinario rispondente alla velocità di 1^m per secondo, lavorar possa otto ore al giorno, rinfrescando due volte. L'esperienza ha fatto aperto, poter esso disviluppare in ogni secondo la quantità di azione di 75^{chm} (nota B), che noi, a maggior sicurezza di risultamenti, abbassiamo a 70^{chm}; sicchè ammettendone otto di cotesti animali intesi a tirar via il veicolo, avrebbesi nel primo istante una forza di 560^{chm} ad eccitare il moto; la qual cosa disvela siccome la quantità di azione che spender dovriano gli otto cavalli è da meno di quella che dee svilupparsi nel primo istante, del pari che in tutti gl'istanti successivi della durata del lavoro, perchè abbia luogo il movimento del proposto veicolo.

Continuiamo in cotesti esempli di applicazione. E suppongasi che il divisato carro non debba più muoversi di passo, bensì di trotto, cioè con una velocità di 2^m a secondo; in allora la quantità di azione assorbita dall'inerzia, perchè il veicolo principii il tragitto,

sarà del valore di $\frac{1}{2}$ di $\frac{20000}{9,81}\times2\times2=510^{chm}\times2\times2=2060^{chm}$,

cioè il quadruplo di quella testè rinvenuta. Che se il carro muover

si dovesse di galoppo ordinario, cioè con una velocità di 4^m per secondo, il consumo della quantità di azione sarebbe 8160^{chm}, ossia sedici volte maggiore di quello relativo alla velocità di 1^m per secondo.

Dalle quali risultanze ricaviamo, qualmente la quantità di azione occorrevole a vincer l'inerzia di un corpo, o di una massa qualunque, aumenta come il quadrato della velocità con cui questa si vuole che venga mossa; ed avvegnachè la forza viva è doppia della forza motrice, diremo che la forza viva cresce altresì *come il quadrato* della chiesta velócità.

Da ultimo, prendiamo un esempio dalle acque correnti, come della Mosella, presso Metz. Si conosce che nelle maggiori siccità questa riviera somministra almeno 10metri cubi di acqua per ogni minuto secondo, i quali pesano 10000chil La velocitàmedia ne' siti superiori ed inferiori alla città, ed in qualsiasi altro luogo in cui non esistono dighe, è di $0^m,80$ per secondo; sicchè la forza viva del volume fluido scorrente, in ciascuno di tali siti per ogni minuto secondo di tempo, sarà $\frac{10000^{ch}}{9^m,81}\times0^m,8\times0^m,8=52^{chm}$ circa. Cotesta forza viva corrisponde ad una quantità di *azione disponibile* o forza motrice, eguale alla sua metà, come dianzi è detto; ossia pareggia 326^{chm}, o circa $4\frac{1}{3}$ cavalli-vapore. Simile potenza potrebbe *utilizzarsi* contro una ruota idraulica. E sul proposito delle trasformazioni successive che la potenza motrice subisce nelle arti industriali, vale il pregio di notare, qualmente l'acqua, a cagion d'esempio, rappresenta nel serbatojo di un mulino una quantità di azione *disponibile*; ella addiviene una forza viva in virtù della sua caduta, tostochè le si lasci libero il corso disserrando la cateratta. Pervenuta sulle palmule della sottostante ruota, assume di bel nuovo l'uffizio „che diremmo artificiale, di una quantità di azione disponibile.

L'aria compressa in un fucile a vento è una quantità di azione

disponibile ivi raccolta da un motore qualunque. Dando lo scatto al grilletto e dirigendo la mira contra un corpo od una molla perfettamente elastica, primieramente il projettile che si slancerà fuori della canna converte quell'azione in forza viva; la quale si spegnerà non appena la molla avrà opposta una resistenza uguale alla metà del valore di quella. Supposto che la mercè di certo espediente la molla rimaner possa così compressa; ella simboleggerà un serbatojo di quantità di azione disponibile in cui si è trasformata la forza viva; di tal che rimovendo istantaneamente l'ostacolo per lo quale trovasi in istato di tensione, col ripercuotere ch'ella fa o col reagire contro il projettile, questo solcherà lo spazio con tale velocità, che la forza viva per esso acquistata agguaglierà il doppio della quantità di azione restituita dal corpo perfettamente elastico. Così nelle ultime guerre del gran capitano, si vide un projettile lanciato da nemico cannone colpire un grosso fusto di albero poco da lui lontano; e per la elasticità del legno ancor verde, furiosamente riverberando esso projettile, uccidergli affianco con sommo di lui rammarico, il gran maresciallo Duroc; evento, che dee concepirsi ingenerato dalla ragguardevole elasticità del vegetabile, e dalla forza viva che la palla ebbe a riguadagnar dopo la percossa.

Riprendiamo il caso ultimamente proposto delle acque correnti; e ponghiamo che invece di farle investire contra un apparato meccanico, si ergesse una diga di $2^m,5$ donde precipitar si facessero con aumento di caduta o di velocità in ogni minuto secondo.

In allora rimanendo lo stesso il volume liquido, epperò il suo peso, avremo per la quantità di azione disponibile la metà della forza viva, cioe.

$$\frac{1}{2}\,\frac{10000^{ch}}{9,^{m}81}\times 2^{m},5\times 2^{m},5=333\tfrac{1}{2}\ \text{cavalli vapore.}$$ Siffatta

cifra è a un di presso 77 volte il prodotto della forza viva naturale della riviera; la qual cosa rende pur manifesta l'importanza delle dighe artificiali che procaccino maggiori cadute alle acque degli stabilimenti idraulici.

Pag. 15, §. 2. Velocità media con che l'acqua effluisce ec. *Spiegazione di alcune formole rimemorate in questo §.e seguente.*

Indichiamo qui la legge che si osserva *nella caduta* de' gravi nel vuoto, pria discoverta dal gran Galileo, indi convalidata dagli sperimenti con più ingegnosi mezzi e su di una più ampla scala instituiti dall'Atwood. Soventi nel corso dell'opera occorre valersi delle formole che su questa legge son fondate, le quali riescono di una grande applicazione in Meccanica.

E innanzi tratto, per dipartarci dalle più semplici nozioni, rammentiamo agl' industriali, siccome per moto uniforme di un corpo intendesi quello in cui il medesimo in tempi uguali percorre spazi anche uguali. La sfera di un orologio, il corso regolare delle acque, e la rotazione della terra intorno al proprio asse nell' intervallo di ore 24 offrono un esempio del moto ond' è parola. È desso ben diverso dal moto periodico. Un esempio del quale ce 'l dànno le oscillazioni di un pendolo, gli alternamenti di va e viene di un embolo in una tromba, il cammino di una vettura, di un pedone, i quali ultimi descrivono in ciascun' ora o suddivisione di questa lo stesso spazio, quantunque l'andamento loro, or celere, or lento, varii in ogni istante; del pari che le oscillazioni del pendolo e tutti i simili moti, nell'attimo che cangian direzione, virtualmente si fermino e continuino dappoi il loro corso. È pure un moto vario la rivoluzione della terra intorno al sole, la quale compiesi costantemente nel giro di un anno; in questo periodo è desso più o meno rapido, secondo che l' orbita descritta dal globo per noi abitato più o meno si appressa al sole, suo centro di gravitazione. Sicchè nel moto periodico di un grave, la velocità non è sempre a rigore la stessa in ogni istante, comechè uguali fosser gli spazi percorsi in capo di certi intervalli eguali. I matematici assumono ne' loro calcoli una velocità media.

Accennando adunque di bel nuovo al moto uniforme, ch'è il più semplice, una prima conseguenza della sua definizione si ha in questo, che due corpi, come sono due oriuoli esatti (1), descrivono

(1) Il Signor Breguet di Parigi ha spinto col suo ingegno tant' oltre

spazi uguali in tempi uguali; o che torna lo stesso, *gli spazi crescono nel rapporto de' tempi*, *o son proporzionali ai tempi* in cui li descrivono. Laonde chiamando S lo spazio corso dalla sfera dell'oriuolo grande nel tempo T, ed s e t le simili cose in ordine all'oriuolo più piccolo, si avrà

$$S : s :: T : t, \text{ovvero } S : T :: s : t, \text{ ed } \frac{S}{T} = \frac{s}{t}$$

Supponiamo che una corrente di acqua percorra lo spazio di dieci miglia in due ore; non v'ha dubbio che volendo conoscere il cammino che p. e. fa in un' ora, ossia la sua velocità V, egli è d'uopo dividere le dieci miglia per le due ore. Lo stesso accadrebbe se invece di scerre l'ora per unità di tempo, si adottasse il minuto primo od il minuto secondo; in guisa che si avrà sempre $V = \frac{S}{T}$, donde pur risulta $VT = S$. Val dire, *che molliplicando la velocità pel tempo, si ottiene lo spazio corso da un mobile con moto uniforme*. Per la qual cosa venendo espressi cotali spazi da altrettanti rettangoli tutti di uguale altezza, ne nascerà che gli spazi diversi saranno come le basi, o ch'è tutt' uno, come i tempi.

Passando a considerare il movimento vario nel vuoto, il quale comprende il moto uniformemente accelerato ed uniformemente ritardato, osserviamo da prima, che la più semplice idea della comunicazione del moto, si ha immaginando una forza motrice la quale sospinga in ogni istante un corpo, da cui per effetto della propria

la squisitezza dell'arte nella costruzione di queste macchine, che alcune di esse si son vedute variare dopo l'intero corso di un anno, di men che mezzo minuto secondo. Mirabilissimo sforzo di quel valoroso meccanico, degno per verità dei più grandi encomi! Vi ha un' altra specie di orologi, detti *cronometri* (misuratori del tempo), i quali variano in un anno per una sola decima parte di un secondo!!

inerzia si oppone una resistenza uguale, e direttamente contraria alla ricevuta impulsione.

Si divida una linea retta, a principiare dalla sua estremità sinistra, in tante porzioni uguali. Ponghiamo che un corpo subendo la pressione od urto di una forza motrice costante, comunque p. e. ugualmente acceleratrice, percorra ad ogni attimo rispondente a ciascuna di coteste parti spazi a grado a grado crescenti di una stessa quantità. Han convenuto i geometri di denominare simiglianti parti, ascisse, e la retta ch'esse compongono, *asse delle ascisse*.

Facciamo che cotesti tempi uguali vengan ligati, col mezzo di una figura che ci rappresentiamo alla mente, alle rispondenti velocità, e per un modo d'intenderci, ammettiamo che queste velocità sieno espresse dalle perpendicolari che innalziamo da ogni divisione dell'asse delle ascisse.

La figura fin qui dipintaci nella mente, addita un gran triangolo ripartito in molti altri a basi verticali parallele, le quali vengono espresse dalle varie ordinate.

Conduciamo dalle sommità delle dette ordinate, delle parallele all'asse delle ascisse. Ne sorgeranno tanti triangoletti a basi orizzontali tutte uguali fra loro, perocchè pareggian le ascisse od unità di tempo.

Ora, un corpo può ricever l'impulso di una forza acceleratrice costante trovandosi in riposo, può riceverlo del pari, quando già sia in movimento. In ambi i casi, come nel moto uniforme, le singole velocità son proporzionali ai tempi. Quindi per le nozioni di Geometria, la linea che congiugerà le sommità di coteste ordinate, sarà una retta, e passerà per la origin del moto, ossia per l'estremo sinistro dell'asse delle ascisse, imperocchè ivi son nulli i tempi e le velocità.

Le altezze di ciascuno di tai triangoletti indicar possono gli accrescimenti successivi che la velocità acquista in un moto *uniformemente accelerato*; e in tale posizione, se lo spazio percorso dal grave dietro l'impulso di una forza costante non acceleratrice, misurasi in ogni unità di tempo, moltiplicando l'ascissa per l'ordinata; nel caso del moto uniformemente accelerato, lo spazio percorso comprenderà detto rettangolo e'l triangoletto superiore. Di maniera che

gli spazî corsi in ogni unità di tempo saranno rappresentati il primo da un triangoletto, e tutti gli altri da trapezî; e lo spazio totale descritto nel tempo rappresentato dalla linea delle ascisse avrà per esatta e rigorosa misura la somma di tali figure, ossia il triangolo grande che ha per base la somma delle ascisse, e per altezza l'ultima delle velocità od ordinate. Gl'industriali bene si avviseranno di delinear sulla carta la figura molto semplice che abbiamo descritta.

Da quanto esposto abbiamo e dalle proprietà dei triangoli simili s'inferisce,

1. Che nel vuoto e nel moto uniformemente accelerato le velocità acquistate son proporzionali ai tempi decorsi;

2. Che gli spazî totali descritti, o le altezze di caduta, son proporzionali ai quadrati de'tempi decorsi.

3. Che gli stessi spazî o le altezze di caduta son proporzionali ai quadrati delle velocità acquistate;

L'esperienza poi ha fatto palese,

4. Che la velocità relativa ad un corpo in fine di un intervallo di tempo è doppia del cammino o dell'altezza di caduta già percorsa nell'istante che precede.

Coteste proprietà si avverano anche nell'aria, quando i corpi sieno di una certa densità e s'intendano cadere da una bassa altezza, cioè da meno di cinque metri. In allora si è visto che più globi dello stesso volume e di materia anche diversa, sebbene l'uno più pesante dell'altro sino a venti volte, giungono sul suolo nel medesimo istante. Sicchè le illazioni che abbiam tratte circa i corpi nel vuoto, sono pienamente applicabili alle sostanze immerse nell'aria entro all'additato limite.

Il cammino descritto da un grave in fine di un minuto secondo, è pel territorio di Francia, non che pei paesi che trovansi nella medesima latitudine, (V. anche nota H) di $4^m,9044$; il perchè la velocità acquistata in fine di siffatto minuto secondo, debb'esser doppia del cammino od altezza di caduta del corpo, ossia di $9^m,8088$. In Meccanica si è convenuto di esprimere cotesta grandezza con la lettera $s=g$, nota la quale, saremo in grado di calcolare tutte le condizioni del moto accelerato.

Immaginiamo uno spazio triangolare descritto da un mobile con moto *uniformemente accelerato* in dieci istanti, infin de'quali abbia concepita una certa velocità. Ponghiamo lo stesso od altro corpo, il quale con moto uniforme abbia in un solo de' dieci istanti sudetti concepita una velocità uguale alla dichiarata; i due spazi percorsi verranno nel primo caso espressi da un triangolo con la base di dieci istanti e con l'altezza (velocità) che risulta in fin de' medesimi; il secondo, da un rettangolo con la stessa base de' dieci istanti, e con un'altezza o velocità, che comunque relativa ad un solo di essi, pure uguale alla precedente; sicchè il triangolo risulta metà del rettangolo. Per la qual cosa

1.° Nel moto uniformemente accelerato, lo spazio descritto in fine di un tempo qualunque a partire dall'origine, è la metà di quello che il mobile descriverebbe, se in un tempo eguale ei si movesse uniformemente con la velocità acquistata in fine di uno degli istanti componenti siffatto tempo. E qui rimemoriamo che i triangoli ed i rettangoli con cui simboleggiansi gli spazi dei mobili descritti in ambo le specie di moto, sono maniere di esprimersi per poter avere nel debito risguardo i tempi e le velocità; i quali potendosi scambiare gli uni per le altre, anzi contrassegnandosi nel fatto e nella realità della natura con una medesima linea, non saprebbonsi altrimenti far entrare ne'nostri calcoli e ne'nostri ragionamenti.

Prendansi due spazi della figura, descritti in fine di due tempi disuguali. Verranno essi rappresentati da due triangoli simili, i quali staranno fra loro come i quadrati dei loro lati omologhi, ossia come i quadrati delle ascisse o tempi, e come i quadrati delle ordinate o velocità.

Per la qual cosa

2.° Nel moto uniformemente accelerato, gli spazi percorsi in fine di due tempi qualunque, a noverar dall'origine del moto, son proporzionali ai quadrati dei tempi.

3.° Ed essi spazi son pure proporzionali ai quadrati delle corrispondenti velocità acquistate.

Quindi chiamando con s ed S gli spazi descritti in un t ed in altro tempo T, con le velocità v e V, si ha

(1. Prop.) $s = \frac{1}{2} v \times 1'' = \frac{1}{2} v$, e più generalm. $1^{\circ}.\ S = \frac{1}{2}\ V \times T$.

(2. Prop.) $s : S :: 1'' \times 1'' : T \times T$ ossia T^2;

donde $S = s \times T^2$ $\qquad 2^{\circ}.\ S = \frac{1}{2}\ v \times T^2$

(3. Prop.) s ossia $\frac{1}{2} v : S :: v^2 : V^2$; donde $\qquad 3^{\circ}.\ V^2 = 2v \times S$

Dalla natura, d'altronde, di esso moto uniformemente accelerato, si ha

$v : V :: 1'' : T$; il perchè $\qquad 4^{\circ}.\ V = v \times T$

È ben anco $\qquad g = 9^{m},8088$.

La mercè di coteste formole, date una delle tre grandezze S, V, T, e la velocità v o g rispondente all'unità di tempo 1″, possiam conoscere le altre due. Sostituendo poi alla lettera S che rappresenta lo spazio, il simbolo H dinotante l'altezza di un grave, il che è tutt'uno (1), le quattro dichiarate formole assumeranno la forma di quelle che sovente s'incontrano nell'opera del nostro autore, cioè

$$1.^{\circ}\ H = \frac{1}{2} V \times T,\ 2.^{\circ}\ H = \frac{1}{2} g \times T^2,\ 3.^{\circ}\ V^2 = 2g \times H,\ 4.^{\circ}\ V = g \times T.$$

Dalla formola $V^2 = 2GH$ ricaviamo le altre due $V = \sqrt{2GH}$ ed $H = \frac{V^2}{2G}$ dall'autore assunte ne' § 2 e 3. Oltre a ciò, ne' § 21, 22 e seguenti, i quali versano intorno alla erogazione di una massa d'acqua per aperture ad emissario, e in molti altri luoghi ancora dell'opera, le divisate eguaglianze pur figurano con lievi modificazioni

(1) Appo i Francesi la lettera H è iniziale della voce *Hauteur*, altezza.

dipendenti dai dati del quesito; di tal che chiaro emerge il molt'uso che di esse può farsi nello stabilimento di una gran copia di regole.

Ponghiamo che vogliasi rintracciare la velocità che una vena fluida acquista in 5″, e l'altezza di caduta od il cammino che in tale intervallo di tempo avrà ella percorso; ci varremo delle due relazioni $V=g\times T$ ed $H=\frac{1}{2}g\times T^2$, in dove $g=9^m,809$, e $T=5''$; sicchè le medesime diverranno $V=9^m,809\times5''=49^m,04$, ed $H=\frac{9^m,809}{2}\times5''\times5''=122^m,61$.

Diremo adunque che la velocità dopo 5″ sia di $49^m,04$ ad ogni minuto secondo costituente l'unità di tempo da noi prescelta., e che dopo l'additato intervallo abbia l'acqua descritto uno spazio od una caduta di $122^m,61$.

Se nota la sola altezza $H=10^m$ che un grave dee percorrere cadendo, si desideri determinare la velocità che il medesimo avrà conseguita giugnendo alla sua meta, ci serviremo della relazione $V^2=2g\times H=19^m,6176\times10^m=$ circa 196 metri quadrati; la cui radice pareggia 14 metri. Il perchè la velocità del grave, descritto che abbia lo spazio di 10 metri, sarà di metri 14.

Porgiamo agli industriali un altro esempio di applicazione dei dichiarati principî. Abbiam veduto che nel moto uniformemente accelerato prodotto dalla forza di gravità, a seconda che si vien descrivendo maggiore spazio, cresce la velocità. Or facciamo che un corpo M cadendo da un punto A venga dopo mezzo minuto secondo seguito nello stesso cammino da un altro qualsiasi corpo N. Si voglia sapere a qual distanza si troveranno l'uno dall'altro, scorso che sia, p.e. 1″ dall'istante in cui il grave N abbandona lo stato di riposo.

Il mobile M in 0, 50″ avrà fatto un cammino $H=\frac{1}{2}gT^2=4,9044\times0'',50\times0'',50=4^m,9044\times0'',25=1^m,23$. Abbiamo scelta la

riferita formola e non l'altra $H=\frac{1}{2}VT$, in cui pur si tratta dell'altezza H, perocchè nella prima entra la forza di gravità g a noi nota, in vece chè nella seconda è la velocità v che noi ignoriamo. Laonde il mobile M avrà già descritto uno spazio di $1^m,25$ quando il corpo N incomincia a porsi in movimento.

La durata del cammino di quest'ultimo essendo di $1''$, quella del corpo M sarà di $1''+0'',50=1'',50$; sicchè lo spazio descritto da N sarà per la formola $\frac{1}{2}gT^2$ uguale a $4^m,9044\times1''\times1''=4^m,9044$, e quello corso da M uguale a $4^m,9044\times1^m,23\times1^m,23=4^m,9044\times1^m,51=7^m,4056$. Quindi la distanza a cui si ritroveranno a capo di $1''$ sarà$=7^m,4056-4^m,9044=2^m,5012$.

Quante volte piacesse di determinare siffatta distanza in fine di $5''$, faremmo, spazio del corpo $N=4^m,9044\times5''\times5''=122,61$, e spazio del corpo $M=4^m,9044\times5'',50\times5'',50=4^m,9044\times30^m,25=148^m,36$.

Per la qual cosa la rammentata distanza sarà di

$$148^m,36-122,61=25^m,75,$$

Dalle quali verità tragghiamo argomento di spiegare il perchè le acque delle cascate, non che quelle dei zampilli e delle trombe, quando principiano a ricadere, separinsi in picciole gocce o riducansi nelle grandi altezze, per la loro diversa velocità, ad una specie di nebbia. Non è esatto il dire che a ciò contribuisca la resistenza dell'aria, stantechè per l'opposto ella coopera a riunirle ed a renderne continuati i filetti fluidi. La velocità diversa che le masse succedentisi concepiscono dal punto di caduta in poi, ed al quale a grado a grado pervengono, e quindi la distanza in cui ritrovansi in uguali intervalli, spiegano ad evidenza il fatto in parola. Le arti fanno lor prò di cotesta osservazione.

(K) Pag. 109. *Ruote idrauliche.* Sovente nel corso di quest'opera occorre intrattenersi sulle diverse ruote idrauliche, e più di ogn'altro,

intorno all'effetto che vi si produce dalla caduta delle acque. Quindi non riescirà disgradito che qui rammentassimo la teorica generale cui si appoggian le formole e le calcolazioni che vi han rapporto.

Cominciamo dal considerare la velocità V con la quale il fluido investe la ruota, o come dicesi, il ricevitore. L'altezza h corrispondente a tale velocità spesso differisce di molto dall' altra altezza che vi ha tra 'l livello superiore del liquido nel serbatojo e 'l punto d'immissione di esso contra il ricevitore; imperocchè l'acqua del serbatojo sale e scende a seconda che il tempo è più o men piovoso; per la qual cosa denomineremo h l'altezza *disponibile* o *effettiva* d'immissione. E qualora Q additi il peso del liquido erogato o speso in un secondo, $Q \times h$, ovvero $Q \times \frac{V}{2g}$ esprimerà la quantità di azione disponibile nell'atto che investe contra l'apparato.

Il movimento della macchina incomincia dopo lo stato di riposo, ossia dallo zero insino a che ponendosi in equilibrio con ogni sorta di resistenza, come dell'aria circostante, degli attriti vari, addiviene *permanente* o di *regime*; ed è appunto simigliante velocità *uniforme* od anche *periodica* quella che per solito vien considerata, niun riguardo per altra via tenendosi della quantità di azione consumata dall'inerzia, perchè affatto trascurabile.

Relazione tra l'effetto utile e le forze vive del fluido nell'investire contra il ricevitore e in uscendo fuor del medesimo.

Sia $\frac{q}{g} = m$ la massa fluida che perviene sull'apparato; ella sarà la stessa nell' abbandonarlo che farà in ogni elemento t di tempo, ossia in ogni minimo istante. Chiamiamo w la velocità assoluta del fluido in questo secondo caso; ne conseguiterà che mV^2 sia la forza viva con cui il medesimo opererà sul ricevitore, ed mw^2 la forza viva dopo che ne è uscito. Se la velocità del fluido che spingesi contra l'apparato fosse uguale all'altra con cui quest'ultimo si muove, i due corpi non s'incontrerebbero mai; laonde conviene che le due velocità sien disuguali perchè il primo urti contra il secondo. Vi sarà una perdita di forza viva la quale, per ciò che di sopra

esponemmo, sarà simboleggiata da mu^2, quante volte con u contrassegniamo la velocità relativa, ossia la differenza fra le due velocità. Or ponendo che il fluido, come sempre accade in fatto, non abbandoni il ricevitore dopo di averlo urtato, ma vi resti su per un istante, e di conserva con esso discenda da un'altezza h', ne viene che si disviluppi per effetto della gravità un insieme di azione sul ricevitore, eguale a $q \times h' = m \times gh'$, sostituendo a q nel primo membro di tale equazione il suo valore tratto da $\frac{q}{g} = m$. Per la qual cosa avremo, applicando il principio che molto facil riesce di dimostrare, qualmente la forza viva mV^2 con cui il fluido investe il ricevitore, più due volte il lavoro mgh' risultante dalla gravità nella discesa della massa m dall'altezza h' sulla macchina, pareggi due volte l'utile lavoro Pvt, più la forza viva mu^2 perduta, più la forza viva residuale o di uscita mw^2. Il termine Pvt vien formato dalla resistenza o peso P che il ricevitore dee sperimentare per porsi in moto con la velocità v nell'elemento t di tempo. Sicchè otterremo

$$mV^2 + 2mgh' = 2Pvt + mu^2 + mv^2.$$

Noi abbiam basata cotesta eguaglianza sulla considerazione degli effetti che si hanno in una esilissima frazione di tempo od elemento t. Che se vogliamo riferirla alle simili cose nel corso di un minuto secondo, il quale rinchiuda un gran novero di questi elementi, ne segue che il termine mV^2 si trasmuta in V^2 moltiplicato per M, ossia per la somma delle masse successive versate in un secondo. E non altrimenti accadrà degli altri termini; laonde a capo di un minuto secondo varrà l'altra relazione

$$MV^2 + 2Mgh' = 2\ Pv + Mu^2 + Mv^2.$$

Donde tragghiamo il valore dell'effetto utile

$$Pv = \frac{1}{2}MV^2 + Mgh' - \frac{Mu^2}{2} - \frac{Mw^2}{2}.$$

Del come possa variare in più od in meno l'effetto utile. È chiaro che più son grandi i primi due termini del secondo membro di cotesta eguaglianza, o ch'è tutt'uno, più van menomando i due ultimi termini affetti dal segno meno, maggiore risulterà la grandezza Pv; sicchè quando sarà

$$\frac{Mw^2}{2}+\frac{Mu^2}{2}\text{, ovvero } \frac{1}{2}M(w^2+u^2)=0,$$ il valore dell'effetto utile riescirà il massimo possibile, considerando i primi due termini; e perchè ciò abbia luogo, fa mestieri che sieno $w=0$ ed $u=0$; delle quali due condizioni, questa esprime che non debba esservi urto del fluido contra l'apparato, e la prima ossia $w=0$, che il fluido stesso non abbia a possedere velocità nell'abbandonarlo.

Massimo assoluto dell'effetto utile cui ci possiamo approssimare. Consideriamo ora i residuali due termini, e riprendiamo l'equazione

$$Pv=\frac{1}{2}MV^2+mgh'.$$

Essendo $V^2=2gh$, sostituendo in essa questo suo valore, avremo

$$Pv=Mgh+mgh'=Mg\,(h+h')=Q(h+h').$$

Q addita il peso del liquido, h l'altezza donde si precepita sull'apparato, h' l'altra altezza che havvi tra'l punto d'immissione e'l punto di esito di esso liquido dal ricevitore. Or $h+h'$ non esprimerà mai la totale caduta H da cui dipende, o meglio, da cui si genera la velocità V; imperocchè questa vien sempre a scapitare alcun poco per causa della vena contratta e per la resistenza che dal medesimo si sperimenta lungo le pareti del tubo; donde pur conseguita alquanta perdita della forza viva.

In ordine poi ad h' è da osservare, che onde l'altezza per lei rappresentata cresca il più che sia possibile, è d'uopo che l'acqua abbandoni il ricevitore a livello del canale di scarico; sicchè ad asseguire il *massimo assoluto dell'effetto utile* Mg $(h+h')$, ch'equi-

vale alla quantità di azione totalmente disponibile impressa al liquido dalla gravità, conviene eliminare ogni diminuzione di forza viva, dipendente, a cagion d'esempio, da troppo declivio del tubo per cui l'acqua investe la ruota, dalle curvature e dai restrignimenti del medesimo, dall'uscita del liquido dalla ruota, (che non sia presso il canale di scarico per potersi valere di tutta l'altezza di caduta), e via discorrendo. Nè vogliousi obbliare le dianzi riferite due condizioni, che cioè non siavi urto contra il ricevitore, e che il liquido esca senza velocità; da cui risultano u e w uguali a zero.

Da ultimo, si badi a diminuire l'attrito dell'asse sul pernio della ruota, ed a che accosto al canale di arrivo siavi un gran serbatojo, dal quale somministrar si possa l'acqua necessaria a mantenere costante la carica in caso di siccità; lo sbassamento di livello notabilmente concorrerebbe alla diminuzione di velocità, e per essa, della forza viva. Si vegga l'applicazione di questa teorica generale alla seguente nota sulle ruote a pale cilindriche, le quali più che ogn'altra specie di motori idraulici soddisfano a' dichiarati requisiti.

(L) Pag.121. *Ruote a pale cilindriche.* Vantano esse, come è detto dall'autore, sulle ruote a pale piane, una grande preeminenza. Site al pari di esse verticalmente e sospinte dal liquido per di sotto, offrono maggiore celerità delle altre, posson manovrare anche affogate in tempo di piene nel di dietro, e dànno un prodotto o effetto utile superiore. Già un gran novero se ne vede costrutto in Francia ed in vari paesi dell'Europa, ed è desiderabile che presto vengano pure introdotte nel nostro regno, massime ne' siti di pianura in cui fosservi picciole cadute. ad animare il macchinario degli opifici, richiedenti notabile velocità nel movimento.

Massimo effetto utile delle ruote ad ale cilindriche.

Facciamoci ad applicar loro la teorica generale de' ricevitori idraulici; noi continueremo a spianare con poco studio la via all'intelligenza di una gran copia di formole relative ad una delle più importanti sezioni del presente libro. Onde si avveri che u, ovvero la differenza delle due velocità di arrivo e di uscita del fluido, sia nulla, uopo è che la sua immissione venga diretta nel senso del movimento del punto del ricevitore, cui tende con la sua azione a brusca-

mente investire, e che lo agguagli in velocità. Quando la velocità dell'acqua è maggiore, ella urterà la ruota; e per l'opposto, la ruota urterà l'acqua, ove questa sia men celere nel suo movimento del divisato punto. Ponghiamo ora che l'acqua pervenendo nella dirittura propria del moto dell'apparato, tocchi quasi tangenzialmente le ale, senza produrre scossa di sorta. Ritenendo le significanze espresse nella nota precedente, arrivi essa con la velocità V. Fuggendole la ruota, vinta che se n'ebbe la inerzia, con la velocità v, è evidente che il fluido conserverà entro alle ale cilindriche una velocità $V-v$, per effetto di cui esso vi si innalzerà contro la propria gravità e contro la forza centrifuga dell'apparato; e cotesto innalzamento l' esperienza dimostra di non esser superiore a quello relativo alla grandezza $V-v$. Trasportata dalla ruota e pervenuta alla maggiore altezza nelle ale, l'acqua ridiscenderebbe in virtù del suo peso e del moto centrifugo stesso con la pristina celerità $V-v$; ma ritrovandosi prigioniera nel ricevitore che circola con la velocità v, ella ne uscirà via con la velocità assoluta e tangenziale $V-v-v$, ossia $V-2v$. Or siccome nella nota che precede vedemmo avverarsi il massimo effetto, quando cotesta differenza è nulla, così avremo in siffatta condizione, $V-2v=0$; donde ricaviamo $v=\frac{V}{2}$. E per tal modo l'acqua non avrà nulla perduto della sua forza viva in uscendo; e posto ch'ella non faccia alcun urto nell'entrare, la ruota produrrà il massimo effetto assoluto, il quale da noi si conseguirà tutte le volte che la velocità v con cui il ricevitore si aggira, risponda alla metà dell'altra velocità V di arrivo del fluido. Nel qual caso l'effetto utile Pv sarà eguale ad $\frac{1}{2}MV^2$, od alla quantità di lavoro rinchiusa nell'acqua all' istante che investe contra la ruota. Denominando H l'altezza dipendente da V, Q il peso dell'acqua versatasi in un secondo, M ovvero $\frac{Q}{g}$ la sua massa, sarà

$$V^2=2gH \quad \text{ed} \quad \frac{1}{2}MV^2=\frac{1}{2}\frac{Q}{g}\times 2gH=Q.H;$$

donde risulta

$$Pv=Q.H.$$

(M) Pag. 136. *Freno dinamometrico.* Il freno dinamometrico inventato dal Prony e lievemente modificato dal Poncelet, ha per iscopo di misurar la forza o la quantità di azione di un apparato meccanico. Se vuolsi, a cagion d'esempio, diffinire l'effetto che in una piccola ruota verticale ingenera un motore qualunque, la prima idea che si affaccia alla mente, quella si è di legare per un capo un cordelino all'albero orizzontale di essa, far passare l'altro capo per disopra ad una carrucola stabilita in alto il cui centro si ritrovi nello stesso piano verticale dell'albero, e sospendervi tal somma di pesi, che l'insieme di essi stia lì lì per impedire alla ruota di girare.

Cotesto carico moltiplicato per l'altezza cui viene innalzato, esibisce la quantità di lavoro disponibile di cui si va in traccia. È però evidente che al prodotto fa d'uopo aggiugnere la porzione di forza che va perduta per l'attrito del pernio della ruota, per la rigidezza del cordellino, e per la resistenza dell'aria; delle quali cose ottiensi la misura chiudendo ermeticamente l'apertura donde il liquido effluisce, indi avvolgendo il cordellino in senso contrario intorno all'asse insino a che l'altro capo salga a toccare la girella, e riponendo a grado a grado tal complesso di pesi in un sacchetto, che questo scendendo obblighi l'albero a rivolgersi nello stesso senso in che vien mosso dalla corrente.

Se la forza del motore sia ragguardevole, ed all'azione del peso voglia sostituirsi l'effetto passivo dell'attrito, si adopera una maniera di collare di legno o di lamine di ferro intorno all'albero della ruota, il quale più o meno a quello stringendosi col mezzo di due viti o chiavarde, rifrena l'albero ne' suoi rivolgimenti. Più cosiffatto collare preme l'asse, men veloce, atteso il maggior attrito, si aggira la ruota a vuoto; sicchè è in nostra balìa di ottenere quel n.° di rivoluzioni che ci aggrada con una stessa affluenza liquida; laonde equivalendo l'attrito ad un peso, noi conseguir possiamo il lavoro disponibile di un apparato idraulico, moltiplicando esso peso pel numero de' giri da quello in 1″ compiti.

Ma se nel di sopra del divisato collare, e quindi sulla convessità superiore dell'asse, ch'è orizzontale, adattasi l'estremo di una leva ad angolo retto; per guisa che i due terzi del collare corrispon-

denti nella parte inferiore sien fermati alle due punte di altrettante chiavarde che attraversano essa estremità , e vengano fermate nel di sopra la mercè di due galletti di ferro; se ne inferirà , che stringendo questi, si stringerà del pari la leva contro l'asse, la quale per mezzo di un cuscinetto di legno è adorente all'altro terzo del collare mobile insiem con esso e disgiunto dai surriferiti due terzi.

Il vette porta nell'altro capo un uncino al quale sospendonsi de'pesi : una corda riplegata per di sopra al medesimo ed assicurata sul solajo , impedisce che possa di molto scostarsi dalla posizione orizzontale. Con tale congegnamento chiaro apparisce, che premendo più o meno i galletti, più o meno arduo si rende il moto di rivoluzione dell'asse. Aggiugnendo dappoi un carico tale all'uncino della leva, che questa oscilli lievemente in positura orizzontale , si ha che la quantità di lavoro disponibile o di azione, prescindendo dalle divisate resistenze e dal peso del vette , agguaglia lo spazio descrivibile dalla leva ove si movesse a guisa di un razzo intorno all'albero , ossia agguaglia il n.° de'suoi supposti rivolgimenti in 1″, pel carico all'uncino sospeso ; stantechè crescendo l' attrito per lo strignere dei due segmenti che dir si potrebbon *labbra* del freno, diminuisce la quantità di giri a vuoto della ruota; e si scorge che sebbene variino i due fattori, resta sempre identico il prodotto.

Facciamo che la velocità dell'apparato risulti, mediante la sovrapposizione di 100 chilogrammi all'estremità del vette, di 20 giri in 1′. Sia la distanza tra l'asse della ruota e 'l punto di sospensione della carica , di m. 3, 50. Otterremo la periferia rispondente a tale raggio per la proporziono

$$1 : 3{,}141 :: 2 \times 3{,}50 : X = 21^{m}{,}1 \text{ circa};$$

e lo spazio corso in $1' = 21{,}1 \times 20 = 222^{m}$, e quindi in $1'' = \frac{222}{60} = 3{,}^{m}7$

a un dipresso. Moltiplicando questi per 100 chilog. risulteranno 370 chilogrammetri, pari a circa 5 cavalli-vapore , la cui forza , come dianzi è detto , è stabilita a 75 chil. elevati in 1″ ad un metro di altezza. E tale sarà l' azione sviluppata dal motore.

Avremo poi contezza del peso del vette, poggiandolo per la linea in corrispondenza dell'asse dell'albero, sul taglio di un coltello, e con l'uncino dell'altra estremità, sur una bilancia ordinaria.

(N) Pag.137. *Turbini del Fourneyron*. Sotto tal denominazione vogliońsi intendere le ruote orizzontali composte di una corona(1) la cui sono pale cilindriche e di una calotta di ferro fuso, quale se ne offre lo sbozzo nel secondo dei disegni della fig.32. Nello spazio circolare tra la corona ed un tubo verticale entro cui si rivolge l'asse di ferro battuto, e propriamente sur un fondo allogato nello stesso piano orizzontale del lembo inferiore della corona, son costrutte delle curve concave fisse, dette direttrici, assai più alte della corona, alcune procedenti dal mentovato tubo, altre da una periferia concentrica più in quà, onde l'acqua abbia maggiore sfogo nel discendere lungo le medesime. In corrispondenza di esso fondo si estolle un cilindro chiuso e vuoto, parimenti di ferro, e della stessa base; nel quale per opportuna conduttura affluisce il liquido del sovrastante serbatojo.

La corona della ruota, adunque, resta fuori della base del cilindro; ella gira indipendentemente e distaccata dal fondo circolare immoto nel quale son le curve direttrici. V'ha un molto semplice congegnamento di piccioli rocchetti ed altro, col cui soccorso movendo per disopra al cilindro un manubrio, si fa circolare una cateratta in forma di armilla, soffregante con cuojo contra l'interna faccia di esso cilindro, sì che venga precluso ogni scorrimento di liquido; il quale movendo dall'interna capacità del medesimo, si conduce lungo le curve direttrici che pur si trovano entro a tale capacità, a premer le pale concave della corona.

Quindi tutte le volte che deesi porre in moto il turbine, chiudesi la cateratta insino a che sia riempito il cilindro; indi disserrando con essa il varco all'acqua, questa preme con tutto il peso derivatole dalla totale caduta, contro le pale della corona, ed obbliga

(1) Nelle ruote, a dir vero, distinguonsi due corone od armille, la superiore, e la inferiore. Noi a maggior chiarezza in difetto di un minuto disegno, intenderemo favellar di una sola corona, composta de' due pezzi or riferiti.

la ruota a volgersi con una mirabilo celerità. Il principio generale relativo ad ogni motore idraulico per lo conseguimento del massimo effetto è in questa specie di apparato sovrammodo mantenuto; val dire, che in grazia dell' andamento delle curve direttrici rispetto a quelle della corona, resta pressochè eliminato qualsiasi urto, ed il liquido scappa fuor delle pale della corona con lievissima velocità.

I turbini manovrano quasi ugualmente celeri immersi nell'acqua in dove per solito pesca non solo la calotta, ma benanco l'orlo superiore della corona. Il perchè si è in grado di valersi, a maggior risultamento, dell'intera caduta che v'ha tra la superficie del liquido nel serbatojo ed il livello del canale di scarico. Nè per tale immersione della ruota quasi menomamente si scema la sua velocità; stantechè ella è l' effetto della prevalenza esercitata dal liquido col suo peso, ch' è notabilissimo per le leggi del torchio idrostatico del Pascal, sull' attrito o resistenza che l'apparato sperimenta, la quale è assai lieve.

Da ultimo, non è superfluo il ricordare, che alla sommità dell'asse od albero verticale del turbine, adattandosi una ruota dentata, questa, senza l' uopo di altre complicazioni meccaniche affin di aumentare la velocità e le quali assorbiscono parte della somma di azione, può direttamente trasmettere un celerissimo movimento, il più delle volte ricercabile negli opifici industriali.

(O) Pag.163. *Mulini a vento*. In questa maniera di apparati, il motore è il vento. Esso investe contra quattro ali di tela assicurata ad altrettanti raggi o bracci, con traverse. Ogni raggio è lungo circa 36 piedi, e vien confitto in un albero od asse mobile di rotazione. Il quale vuol essere allogato parallelemente alla direzione del vento, che secondo taluni ne' siti di pianura è per l' ordinario di 18° inclinata all' orizzonte, ed a parer dell'esimio Autore, di 8 a 15°. Ciò vale pe' mulini a vento ad asse orizzontale, i quali sono i più usitati, come quelli che offrono un effetto pressochè ottuplo dell'effetto de' mulini ad albero verticale; e perchè in essi, cioè ne' primi, si avveri la rammentata direzione parallela, si adopera o un gran yette od una vela con cui di per sè l'albero orientar si possa.

Ne' mulini ad asse verticale, noti sotto il nome di ***panemori***, so-

lamente un'ala di forma conica vien messa in azione dalla corrente atmosferica nella dirittura del movimento; e se anche il vento operi contro tutte le facce, l'effetto che se ne ottiene è proporzionale all'eccesso dell'azione delle une sulle altre, presentando esse or la parte convessa, or la parte concava; laddovechè nell'altro sistema, il vento opera ad un tempo contra tutte e quattro le facce. Nè cangia di rapporto il risultamento che in quelli si produce, quante volte all'asse verticale più ali si adattano, come si osserva negli apparati di questa specie detti alla *polacca* in dove se ne noverano sei; imperocchè circolando queste entro ad un ricinto semicilindrico di fabbrica, solo una di esse offresi all'urto diretto dell'aria, e pochissimo di sbieco le altre due seguenti.

Ognuno de' quattro raggi fermati all'albero di rotazione orizzontale è pressochè rettilineo. Distribuito in sei parti uguali più $\frac{2}{3}$, se ne lascia nudo il primo tratto lungo $1+\frac{2}{3}$, e si munisce il resto ad ogni punto di divisione, di traversuole che, a conseguire il massimo effetto, denno andar mano mano crescendo in lunghezza, sì che la superficie per esse costituita abbia la forma di un trapezio. La traversa maggiore pareggi il terzo della lunghezza del raggio, il quale dee divider la medesima non meno che le altre minori, nella ragione di 2 a 3 e non per metà.

Lo spazio intercetto fra una traversa e l'altra, dicesi elemento, ed in ciascuno di questi adattasi una tela di superficie lievemente concava. Le due ali opposte serbino una inclinazione contraria, sebbene uguale rispetto al piano di moto; senza di che le pressioni che per loro si sperimentano tenderebbero a far aggirare l'albero in due sensi diametrali, donde deriverebbe la immobilità del medesimo.

È naturale che la quantità di azione o di lavoro cresce con la superficie delle ali; ed ella risulta poco men dell'ottuplo, quando la forza del vento venga a raddoppiarsi. La più opportuna velocità del vento sembra essere di 6 a 7 metri per ogni 1'', e volendo che la macchina sia in moto in ogni sorta di tempo, si consentirà tale su-

perficie a ciascun'ala, che riesca la velocità $V=2a$; nel qual caso convien ripiegare in parte le vele semprechè soffii più gagliardo il vento.

La regola dallo Smeaton addotta di doversi dividere per quattro la velocità di un'ala onde determinare quella del vento, si fonda sulla sola esperienza, e concerne ai mulini all'*Olandese* di cui favelliamo.

Da ultimo, sia larga ciascun'ala non più del quarto della sua lunghezza, comechè di consueto ella ne raggiunga appena il quinto od il sesto, e costituisca una superficie storta, i cui elementi serbino una diversa inclinazione nel rispetto dell'asse e del piano di moto; in ordine alle quali cose, non si estimerà superflua la seguente

Tabella degli elementi delle ali dei mulini ad asse orizzontale.

Numero degli elementi	Angolo ch'e' formano con l'asse	Angolo ch'e' formano col piano di moto	Osservazioni
	gradi sessagesimali	idem	
1	72	18	
2	71	19	
3	72	18	
4	74	16	punto med. dell'ala
5	77 ½	12 ½	
6	83	7	estremità

(P) Pag. 185. *Delle Macchine a vapore.* Gli apparati mossi da questo potentissimo agente richiamano l'attenzione degl'intendenti nommeno che degli inesperti delle cose fisico-meccaniche. E' quindi richiedono che qui se ne faccia motto in quanto può alla loro costruttura generalmente riferirsi, non consentendo che si discenda in minuti particolari, nè il limite imposto dal benemerito autore a questa importantissima opera, nè il difetto degli analoghi disegni. Si vegga pure a pag. 93.

Che cosa adunque si dee dagli industriali intendere per macchina a vapore? Qualunque congegnamento meccanico in cui la potenza motrice sia il vapore di acqua. Il vapore dello spirito di vino il quale entra in ebollizione ad una temperatura di circa 21° al di sotto di quella dell'acqua e con cui ha uguale forza elastica in tale stato, non può adempiere allo stesso uffizio. La sua grande volatilità ne rende molto facile la dispersione attraverso le commettiture e gli interstizi de' vari pezzi; e ciò, non ostante la cura che si abbia di subito e opportunamente condensarlo in convenienti capacità. Il vapore di mercurio pur talvolta si è adoperato, comechè di rado, qual agente motore; ma in valersene convien por mente a sottrarsi ai malefici influssi che dal medesimo emanano.

Proprietà espansiva del vapore donde deriva la sua forza. In qual modo avviene poi che il vapore di acqua si generi nella bisognevole potenza e addivenga uno smisurato principio di movimento? - Grande è la sua proprietà espansiva. A 100° del termometro centigrado esso è capace di fare equilibrio alla pressione dell'atmosfera; in guisa che se dentro ad un cannuolo, o ad un tubo metallico verticale, venga a sè stesso abbandonato un turacciolo munito o no di manico, e sotto si dia luogo a prodursi del vapore di acqua alla divisata temperatura di 100°, il turaccio nè scenderà nè salirà lungo il cannuolo o tubo, perocchè la forza elastica di esso fluido acqueo pareggia l'efficacia della sovrincumbente colonna atmosferica. Il peso di questa si agguaglia ad $1^{\text{chil}},063$ per ogni centimetro quadrato sotto una pressione barometrica di $0^{\text{m}},76$ (*). In questo ra-

(*) Ciò vuol significare, che una colonna di aria atmosferica per tutta

gionamento abbiam considerato come imponderabile e senza attrito lo stantuffo od embolo.

Diasi per un momento uscita al vapore per un forame inferiormente al detto stantuffo, ovvero si condensi esso nuovamente nella forma liquida con lanciarvi in mezzo alquant'acqua fredda la quale avidamente s'impadronisce del calorico latente; l'embolo non più sostenuto dalla espansione del gas aeriforme, cederà alla sovrastante pressione dell'atmosfera, e scenderà giù. Che se una novella quantità di vapore si generi di sotto all'embolo dall'ebollizione dell'acqua, questo si rimarrà sospeso entro al tubo o cilindro; di tal che mantenendo la temperatura dell'agente onde è parola e consentendo ch'esso dopo di aver dispiegata la sua potenza passi altrove o si riduca nello stato acqueo, noi vedremo lo stantuffo alternativamente ascendere e calare. Facciamo che una verga si ritrovi confitta nel suo capo superiore; ella salirà e scenderà del pari che l'embolo; e parteciperà ad un non dissimile movimento qualsiasi altro congegno che trovisi aderente a tale asta. Ed ecco prodotto un movimento alternativo di saliscendi, il quale durerà finchè sia in nostro potere di generare e far disparire il vapore di acqua. Il fuoco adunque come causa prima, l'acqua ridotta nello stato aeriforme qual mezzo, ed un cilindro col suo stantuffo come strumento, costituiscono i più essenziali requisiti dell'apparato in questione.

Una molto importante proprietà del vapore di acqua si è, che se a 100° di temperatura ei si equilibra per la sua elasticità alla pressione di un'atmosfera, perchè poi resister possa alla pressione di due atmosfere, non vi è a gran pezza d'uopo della elasticità che disviluppasi a 200° di temperatura. Detta elasticità segue una scala crescente assai più rapida di quella della temperatura, come ce ne rende sicuri uno sguardo che diamo alla tabella a pag. 167. Ivi si scorge

la sua altezza, pesa quanto una colonna di mercurio dello stesso diametro ed alta $0^m,76$, pareggianti 28 pollici francesi, o ch'è tutt'uno, quanto una colonna di acqua dello stesso diametro, e dell'altezza di 32 piedi. L'aria atmosferica non è ugualmente ponderosa in ogni tempo ed in ogni stagione. Quando è secca, ella pesa più di quando trovasi pregna di vapori.

che la forza o tensione 1 del vapore nella 1ª colonna corrisponde per quel che dicemmo a 100° della 3ª colonna; ma la forza 2 è relativa a 121°,4, e la forza 3 a 135°,1. La temperatura di 200°, 48, ossia di 200° e mezzo circa, produce la forza capace di resistere niente meno che a 15 atmosfere; la quale per aumentarsi insino a 30 atmosfere ha soltanto d'uopo di salire a 236°,20. Cosicchè asserir si potrebbe con Oliviere Evans, che mentre la temperatura segue una ragione aritmetica crescente, la forza elastica si slancia per una scala in ragion geometrica.

(Q) *Manometro*. Abbiam favellato di tensione. Con qual mezzo ci verrà fatto di misurarla? - A ciò provvede l'istrumento denominato *manometro*; il quale consiste in un tubo di cristallo con entro, come quello de' barometri, del mercurio. È graduato con assai visibili segni in atmosfere e frazioni di atmosfere, ed è ricurvo nel capo inferiore, terminando in un globetto aperto della medesima sostanza. Cotesto ordigno vien collocato con la parte ricurva nella caldaja, di cui tra poco terrem parola, e in un sito della sua capacità in dove l'acqua non giunge, bensì il solo vapore; ovvero può allogarsi dappresso a tal recipiente con cui sia in immediata comunicazione; sempre però in guisa che la graduazione del tubo riesca percettibilissima a colui che soprintende al maneggio del fuoco. A seconda che cresce la forza calorifica, si eleva la temperatura dell'acqua e del vapore, e questo preme di più la superficie del mercurio nella parte ricurva; quindi ascende nel tubo e segna i varî gradi di tensione di esso vapore. Col crescere della tensione di questo, l'aria rinchiusa nella sommità del tubo viene al pari di ogni fluido elastico e permanente a comprimersi e ad aumentare nella sua elasticità; la quale è noto che serba una ragione inversa allo spazio da quella occupato, ed una ragion diretta dei pesi comprimenti; e per tal guisa un tubo di breve altezza è valido ad additare la pressione di un gran novero di atmosfere.

Ad evitare poi che il mercurio si riversi su per le pareti della caldaja, ch'ei notabilmente danneggerebbe, si procaccia ad ogni fermata delle locomotrici, o semprechè si estingue il fuoco, un adito al-

l' aria di fuori nell' interno di tai recipienti; senza di che l'aria compressa alla sommità del tubo, con l'accresciuta elasticità farebbe traboccare il mercurio dalla cisternuola ricurva, premendo sulla sottostante colonna di tal metallo nell'altro braccio dell'ordigno. L'attizzatore è per tal mezzo in facoltà di proporzionare l'attività del fuoco a seconda i gradi di tensione che vuol conferire al divisato agente; sicchè nota la forza cui questo può giungere dipendentemente dalle dimensioni della caldaja, è chiaro che il manometro è uno fra gli espedienti il più acconcio a temperare e ad assicurare l'andamento dell'intero macchinario.

Lunghezza de' manometri aperti. Dicemmo or dianzi una colonna atmosferica equilibrarsi con altra colonna di mercurio della stessa base la quale abbia $0^{m},76$ di altezza. Da ciò inferiremo, che nelle macchine a bassa pressione possono i manometri avere il tubo graduato anche aperto, purchè il medesimo aggiunga la lunghezza di $0^{m},76 \times 2 = 1^{m},52$.

(R) *Macchine a bassa, media, ed alta pressione.* Possiamo conferire al vapore mercè dell'azione di un competente fuoco, la elasticità equilibrantesi insino a due o meno atmosfere. Noi diremo in allora che lo stantuffo del cilindro, e per conseguente tutta la macchina, si muova con la forza di due e meno atmosfere, e si è convenuto di denominare gli apparati con siffatte potenze, *macchine a bassa pressione.* Intendesi con ciò alludere alla piccola pressione di due e meno atmosfere, cui pareggia in forza lo stantuffo, mediante la sottostante tensione del vapore, promossa dal combustibile acceso.

Laonde il peso massimo che nelle macchine a bassa pressione corrisponde ad un centimetro quadrato, sarà il doppio di chil. 1,063, ovvero di chil. 2, 126; e lo stantuffo varrà a costringere nel moto di saliscendi un peso di chil. 2,126 per ogni centimetro quadrato di una delle sue basi.

Quante volte cotesta pressione o peso cui dee vincere il vapore, sia uguale a quella di tre a quattro atmosfere, si dice che il medesimo operi *a media pressione*; da quattro atmosfere in sopra, l'apparato è detto *ad alta pressione.*

Per solito in queste ultime la forza del vapore agguaglia la pres-

sione di 6 a 10 atmosfere, ossia lo stantuffo o gli stantuffi (poichè possono esser due, ed anche più) manovrano innalzando un peso di $1^{chil},033$ moltiplicato per 6 e per 10 sur ogni centimetro quadrato di una delle due basi. È grande in cotesta specie di macchine la perdita del vapore attraverso alle giunture ed alle superficie di attrito per la sua grande espansione, ed esse vengono specialmente adoperate nelle locomotrici sopra rotaje di ferro. Il francese ingegnere Frimot ha ultimamente tentato ed è riescito di render proficua la notabile quantità di vapore che di consueto va dispersa nelle macchine ad alta pressione; ed egli ha con essa animato altro cilindro ad espansione e condensatore.

(S) *Macchine a vapore a doppio effetto*. In origine il vapore passando dalla caldaja ad investire sotto allo stantuffo, obbligava questo ad ascendere lungo il cilindro; indi espulso il fluido aeriforme da quel luogo, l'embolo, in seguela del proprio peso e della pressione dell'aria sovrincumbente, calava giù; e per tal guisa procedeva nell'alterno moto di saliscendi. In questo stato, la parte superiore dell'embolo si rimanea scoverta al contatto dell'aria esterna, la quale non ostante uno strato più o meno denso di materia grassa od oleosa, insinuavasi a raffreddar l'interno del cilindro e a menomare la forza dell'agente motore. Tale era l'apparato del Newcomen.

A premunirsi contro siffatto sconcio, si pensò di turare il capo di sopra del cilindro, attraversato, con le debite cautele, dalla verga dell'embolo; e d'introdurre insieme il vapore anche per di sopra di questo. In tal caso, quando il vapore di sotto sospinge lo stantuffo a salire, si opera con un artifizio da dire la espulsione del vapore di su, e formasi ivi il vuoto; per guisa che non vi è più pressione d'aria a vincere nel moto ascendente dell'embolo. Pervenuto questo alla meta della sua corsa, si espelle nel modo stesso il vapore sottostante e vien quivi a formarsi il vuoto; e per l'opposto introducesi il vapore di sopra allo stantuffo per operarne la discesa. Con tal sistema si evita la necessità di un contrappeso a bilanciare l'azione di quello, per lo addietro adoperato, e si stabilisce il movimento in guisa che ne emerga un doppio effetto; il quale avrebbesi

potuto altrimenti conseguire con l'uso contemporaneo di due cilindri e di due stantuffi, perdendosi però molto in ispazio, in materiale, ed in attrito.

Secondochè poi il vapore esercita la sua tensione di meno o più di due atmosfere, dicesi che la macchina a doppio effetto sia a bassa, media, o ad alta pressione.

(T) *Macchine ad espansione*. Fin qui il vapore diffondendosi per disotto soltanto, o altornamente per di sopra e per di sotto all'embolo secondo che gli apparati sono a semplice od a doppio effetto, ha sospinto ed accompagnato l'embolo con una tensione costante; e cotesta massa di vapore ha percorso in tutta la sua lunghezza il tratto che l'embolo segna nel cilindro nel moto di saliscendi. Al Woolf però venne in idea di porre un secondo cilindro presso il primo, di cui avesse pari altezza e metà la base, munito anch'esso di stantuffo; ed egli fè passare il vapore innanzi tratto nel cilindro aggiunto, poscia da questo nel primitivo, sempre nell'uno e nell'altro per di sopra o per di sotto agli stantuffi. Ne segue, che i due stantuffi si muovano simultaneamente. Il vapore passerà di sotto allo stantuffo del maggiore cilindro dopo di avere attraversata tutta la corsa dell'aggiunto; e la pressione che in quello esercita pareggerà una colonna che abbia la base del gran cilindro, e per altezza, il tratto superiore allo stantuffo nel cilindro aggiunto, più il tratto inferiore allo stantuffo nel gran cilindro; ossia, il fluido premerà in grazia dei vantaggi del torchio idrostatico del Pascal con l'efficacia di una più notevole altezza, e quindi più rapido sarà il movimento di sotto in sopra. Lo stesso accade nell'altra pressione di alto in basso. Il Watt fu il primo cui si parò il vantaggioso partito che trar si potrebbe dalla proprietà espansiva del vapore e dei gas elastici e permanenti; ma il Woolf, come abbiam visto, fu quegli che dappoi applicòllo.

(U) *Macchina ad espansione e condensamento* In due modi può il vapore venire espulso dalla capacità del gran cilindro ch'è quello che imprime massimamente il moto alla macchina; o comprimendolo con lo stantuffo or verso il fondo di su, or verso il fondo inferiore del cilindro, nei quali, come è naturale, son praticati appositi forami muniti di chiavette o valvole, e cotesto era il metodo primi-

tivo; o perchè non andasse perduta gran parte di tale agente,adoperando ,come il Watt prescrive , un terzo cilindro accanto all' altro motore , e quivi respingendo il gas acqueo che prima disperdevasi nell'aria. In esso il vapore vien condensato la mercè di una vena sfioccata di fresc' acqua che per entro vi si lancia ad ogni pulsazione.Siffatto liquido ha la proprietà di avidamente impossessarsi del calorico latente che mantiene in istato aeriforme il vapore , le molecole fluide del quale tostamente si ravvicinan fra loro, non appena fia scomparsa la causa che tenevale disgiunte. Il vapore in tal caso assume di bel nuovo l'aspetto e l' essenza di acqua ordinaria ; ed ei vien col mezzo di una tromba detta alimentaria , mossa ben anco dallo stantuffo motore,ricalcato in parte nella caldaja, per convertirsi dappoi nuovamente in vapore, e così continuare nelle alterne metamorfosi.

Da quanto accennato abbiamo si scorge,che noi potevamo asseguire cosiffatto condensamento injettando del pari un fascetto fresco di acqua nello stesso cilindro motore, se ve ne ha un solo , o in ambi i cilindri motori , se la macchina è ad espansione, di sopra e di sotto agli stantuffi; ma in tale condizione cala di molto la temperatura di cotesta capacità , e viene di conseguito sminuendo la elasticità ed efficacia del nostro agente. Il condensamento ha per primordiale scopo la rapida alterna formazione del vuoto ne'due spazî di ciascun cilindro , al di sopra e al di sotto dell' embolo , e di evitare la contraria forza di tensione del vapore che non si perverrebbe ad espellere di subito dal cilindro ; sicchè il vantaggio di un alimentamento della caldaja non dee reputarsi che come una veduta secondaria , comechè rilevante. Nondimeno le macchine ad alta pressione destinate alle strade di ferro , sono sfornite di condensatori ; ne'quali perchè avesse luogo l'injezione vi sarebbe d'uopo di una copia di acqua fresca malagevole a trasportarsi per l' economia dello spazio. I navigli, armati di tali macchine, se ne trovan forniti ed attingon l'acqua di condensazione nel mare.La mancanza di condensatore ingenera una perdita di forza motrice ragguardevole,imperocchè molte valvole trovansi a con tatto dell' aria esterna e per esse il vapore scappa con più rapidità per la differenza di temperatura; ed

inoltre la circostante atmosfera preme con tutto il suo pondo contra quella faccia dell'embolo o degli emboli, ch'è opposta all'azione del vapore, cioè di $1^{chil},033$ per ogni centimetro quadrato ; stantechè le valvole non ritrovansi entro tubi comunicanti col condensatore, bensì restano, come abbian detto, allo scoverto. Il perchè il difetto di condensatori è causa di grave scapito nella quantità di lavoro utile, scapito che sempre sopravanza per lo manco la forza di un' atmosfera.

(V) *Inviluppo dei cilindri* — La notabilissima differenza di temperatura esistente tra l' interno dei cilindri e l' aria circostante, fa che il vapore non conservi tutta quella tensione di cui è capace allo sboccare dalla caldaja, condensandosi alcuna parte di esso, nel modo stesso che si condensa la mercè di un refrigerante o di un pannolino bagnato, il fluido rarefatto ed aeriforme nella capacità di un alambicco. A provvedere al quale inconveniente, il Woolf rivestì di un involucro metallico, che diremmo camicia, ambi i cilindri, e pria che in questi successivamente si diffondesse il vapore, lo astrinse ad attraversare l' intervallo che àvvi tra i cilindri e'l comune involucro. Con senno altri osserva che il vapore innanzi di animare il cilindro motore perde per tal guisa molto della sua forza, stantechè vien esso a ritrovarsi a contatto con la superficie fredda dell' involucro; e che più acconcio espediente sia, come già praticano alcuni costruttori, di procacciarne lo spargimento nell' intervallo che lascia il divisato involucro ; e ciò, dopo di aver esso vapore adempito all' uffizio cui si destina nell' uno o ne' due cilindri della macchina.

(X) *Tromba alimentaria.* Il perenne evaporarsi dell'acqua nella caldaja farebbe in proporzione menomarne la massa, se col mezzo di un recipiente nelle macchine a bassa pressione, e la mercè del condensatore in quelle a media e ad alta pressione, provveduto non si fosse ad alimentarvela del continuo. Deve l'acqua rimanere a livello costante nella caldaja; ed ove ciò non fosse, divenendo rosse le pareti non a contatto del liquido, al rifluire di questo per nuova immissione, toccando i tratti incandescenti, trasmuterebbesi con somma rapidità in vapore. Il perchè crescendo esso di mole e di

tensione, eserciterebbe straordinari sforzi contro l'ambito del vaso, ed ingenerar potria una fatale esplosione. Il minor danno che ne seguiterebbe, quello saria di prodursi delle screpolature in sensi vari.

A premunirsi contro i quali gravi inconvenienti, adoprasi nelle macchine a bassa pressione un tubo comunicante con l'acqua della caldaja, al quale sovrasta un recipiente pieno di acqua. Questa si precipita nel tubo appena disserrasi una valvola stabilita all'estremo di un braccio di leva ondeggiante sul capo superiore del tubo; all'altro estremo del braccio, pende sospeso ad un filo di acciajo, un galleggiante di pietra che nuota nell'acqua della caldaja. Pongasi che il liquido per la celere evaporazione scenda di livello; allora si abbasserà del pari il galleggiante e seco trarrà l'estremo del vette, sì che sollevàsi il capo opposto, e con esso, la valvola; il liquido del recipiente si versa allora pel tubo nella caldaja; in dove cresciuto di volume, obbligherà il vette alla pristina positura orizzontale, chiudendosi così di bel nuovo la valvola.

Negli apparati ad alta pressione, adoprasi una tromba composta di un tubo metallico chiuso di sotto, in cui manovra in salire e scendere un cilindro. Questo primo tubo verticale comunica con un secondo tubo parallelo per mezzo di un braccio vuoto orizzontale. Montando su il cilindro in virtù dello stantuffo motore, si forma il vuoto, che riempiesi dell'acqua aspirata pel basso del tubo parallelo, da un apposito recipiente o dal condensatore; e per contrario calando detto cilindro, l'acqua vien respinta nella caldaja. Due valvole sferiche concorrono esclusivamente al divisato effetto.

(Y) *Tromba ad aria*. Nel sistema di Watt a bassa pressione, il vapore che opera di sotto o di sopra allo stantuffo, passa nel condensatore insiem con l'aria che sprigionasi dall'acqua della caldaja. E sebbene il nostro agente serbi in cotesti apparati una tensione costante, poco più di quella rispondente ad un'intera atmosfera, pur nondimeno incontra esso da parte del vapore che non giunge a ridursi tutto in acqua nel condensatore e da parte dell'aria che quivi si ammassa, una resistenza la quale talora impedisce allo stantuffo il perenne moto di saliscendi. Per lo che, dappresso al condensatore si alloga una tromba pneumatica, con cui quel recipiente si

discarica dell'aria compressa o dell'acqua del condensatore. La divisata tromba viene animata dallo stesso embolo motore della macchina.

(Z) *Caldaja.* L'acqua rinchiusa in questa capacità trasmutandosi in vapore per l'aziono del fuoco nel sottostante focolare, anima il cilindro motore. La forza o la tensione del vapore cho nella medesima si genera, e la sua quantità, decidono della potenza della macchina; il perchè l'ampiezza e la resistenza di tal recipiente vien proporzionato all'effetto che vuolsi produrre.

La forma che più si addice in pari circostanze alla solidità della caldaja, è la sferica; imperocchè se si suppone nell'interno di un cubo o di un poliedro regolare, le cui facce fossero elastiche, operar delle forze divergenti dal centro di figura, assumeranno cotesti solidi la convessità sferica. Un esempio ne abbiamo tuttodì negli areostati, ripieni che sieno o di aria rarefatta o di gas idrogeno. Ed alcuna volta si è data allo caldaje simigliante conformazione. Ma nelle locomotrici e su i navigli, la forma più confacente allo spazio disponibile è la cilindrica; nel qual caso è evidente che i fondi esibir denno una spessezza maggiore che la parete curviforme; curando di scompartire per via di tramezzi, la capienza delle caldajo delle navi in vario divisioni onde così eliminare in parte lo sbattimento del liquido.

La materia metallica delle caldaje può essere il ferro laminato, e meglio, il rame; il quale, sebbene men tenace dell' altro, non è così soggetto ad ossidarsi, e può anzi andarne del tutto esente, ove internamente si affortifichi con ispranghe dell'altro metallo. L'ossido dalla scomposizione dell'acqua derivante è attratto dal ferro per la sua proprietà positiva, sicchè i due metalli vengono a profferire il caso della pila voltaica.

Vogliamo pertanto guardarci dal credere che la produzione del vapore concorra alla maggior quantità dell'ossido; stantechè questo sol si produce dallo scindersi dell'acqua ne' suoi due elementi; mentre trasmutandosi l'acqua in gas aeriforme, ella punto non si decompone, bensì cangia di stato e di natura.

Prima che le caldaje vengan messe in circolazione, se ne speri-

menta la resistenza ad una pressione per lo manco quintupla di quella cui denno soggiacere; ed il saggio si opera a freddo col mezzo del torchio idraulico. Voggansi le disposizioni governative all'uopo in Francia emanate. Se non che, diversificando lo stato del metallo tra quando subisce l'azione del calorico unitamente alla pressione del vapore, e tra quando si ritrova a freddo sottoposto alla sola pressione dell'acqua, non si ha mai da questa banda una norma molto sicura e mallevadrice della solidità dei recipienti ondo si tratta.

Le caldaje posson ben anco venir meno nella loro resistenza per fenditure che non di rado si generano nelle loro pareti, ove non si abbia ricorso agli opportuni espedienti. Le lesioni dipendono fra l'altro dalla diversa temperatura cui vanno esposte le loro facce interne a contatto del vapore, e le esterne a contatto dell'atmosfera; al quale sconcio si ripara la mercè di un secondo involucro di cui rivestonsi nel di fuori, come appunto si usa pei cilindri. Per tal guisa, il calore della fiamma del focolare, pria che si disperda pel tubo fumario, circola nell'intervallo delle due capacità, e rende meno squilibrata la temperatura delle due facce interna ed esterna della caldaja.

Possono altresì nascere delle screpolature per l'attaccarsi alle pareti dei sedimenti prodotti dalla distillazione, e crescere in tale compattezza e tenacità, da bruciare il metallo; contra il quale effetto è valevole il singolare uso delle patate, le quali riducendosi in forma di pasta, si mescolano ai divisati sedimenti, e per la propria mollezza, rendono impossibile ogni solida incrostatura.

(A') *Registro del focolare, e valvole di sicurezza.* Il micidiale scoppio delle caldaje vedemmo poter dipendere dall'affluenza improvvisa dell'acqua nelle medesime, inconveniente cui si disse di potersi provvedere col mezzo di un galleggiante nelle macchine a bassa pressione, o di una tromba alimentaria, in quelle di resistenza a più di due atmosfere. Può una cotanto formidabile sciagura altresì provenire da un aumento smodato di tensione e di forza nel vapore per effetto di un fuoco soverchiamente attivo; al che, prescindendo dalla segnalata efficacia del manometro, vi ha due altri modi di riparare.

Il primo consiste nell'uso del *registro*, come dicesi, composto

di una piastra di ferro sita di traverso al tubo fumario, la quale con ostruirne il passaggio, impedisce che una corrente di aria soffii nel focolaro e renda per tal modo più energico il fuoco. Or perchè siffatta piastra si chiuda, fa mestieri che la grande tensione del vapore si eserciti premendo sull'acqua della caldaja, epperò l'obblighi a salire nel tubo con questa comunicante. Rammentiamo qui che nelle macchine a bassa pressione un primo galleggiante nell'acqua della caldaja, già da noi descritto, contribuisce ad alimentarla del liquido necessario; in questo caso l'effetto si ha col calarsi del liquido.

Or montando l'acqua nel tubo, ascende con essa il galleggiante; quindi si abbassa la detta piastra per impedir l'adito alla corrente, legata com'è ad una catena, che passando pel disopra ad una carrucoletta, trovasi fissata con l'altra estremità al capo superiore del galleggiante medesimo. Così una soverchia tensione del vapore, al di sopra di quella calcolata pel giuoco della macchina, renderà men viva l'azione del combustibile e verrà quindi immediatamente scemando.

(B')*Le valvole di sicurezza*, al pari che il manometro ed il registro, intendono a prevenire una pericolosa tensione. Il loro meccanismo riponsi nell'impiego di un cilindretto che adattasi in un'apertura calibrata alla sommità della caldaja. Infissa alla faccia superiore di cotesto cilindretto è un'asta a foggia di freccia intorno a cui si avvolge un'elica elastica di acciajo. La punta della freccia urta da sotto in su contro un braccio di leva o stadera, debitamente congegnata per potersi sollevare ed abbassare, girevole in un suo estremo. Su questo braccio adattasi un peso o *romano*, il quale dilungandosi più o meno dal punto di appoggio, richiede maggiore o minor forza nel vapore perchè venga a sollevarsi la valvola, e con essa, la freccia.

Fermato adunque il *romano* in quel punto che si vuole della stadera o braccio, dipendentemente dal numero di atmosfere cui dee equilibrarsi la forza del vapore, egli è chiaro, che se la tensione di questo vien crescendo, si solleva la valvola, e introducendosi il vapore nel tubo superiore della caldaja, urta per di sotto al cilindretto, questo s'innalza insiem con la freccia, e vien sospinta la stadera col peso che contrassegna la stabilita pressione in atmosfere. Allora scappa il

vapore per di sopra ad essa valvola cilindrica, lungo altro tubo laterale comunicante con l'esterno ambiente. Alleviata la caldaja della forza superflua del vapore, ridiscende la valvola con la freccia, e di conserva la stadera, al che pur coopera l'elica elastica.

Per solito vi ha due valvole di sicurezza in ogni macchina, site in due capi opposti della caldaja; una presso al meccanico od artefice che dee moderar la manovra, l' altra indipendente dalle costui operazioni e custodita in un graticolato. Simile precauzione ha per iscopo di slontanare ogni funesto accidente che dipendor potria da oscitanza dell'artefice, qualora non fermasse il *romano* nel dicevole punto della stadera.

Il Thénard ed il Clément riconobbero che il vapore, sboccante per un'apertura conica rovescia, forma all'origine del tubo un vuoto anulare. Un tal vuoto pur si genera ne'forami cilindrici delle valvole ond' è parola, appena si sollevano alquanto; stantechè il vapore si spande nell'aria in forma conica. Chiaro allora apparisce, siccome il vuoto anulare dia appicco alla superiore atmosfera di gravitar sul vapore e d'impedirgli la libera uscita.

Si è pensato di venire applicando alla superficie di sotto della valvola un'armilla fusibile di metallo, composta di combinate sostanze; le quali, giungendo il calore e per conseguente la elasticità del vapore ad un grado al di là del prestabilito, si liquefanno, e lasciano libero il varco al poderoso agente di abbandonar la caldaja. Cotesto armille si scontorcono nel rammollarsi prima di venire in fusione; epperò esibiscono l'inconveniente di cagionare una perdita inopportuna di vapore.

(C') *Valvole d'immissione.* Nelle macchine di piccole dimensioni e di una forza mediocre, introducesi il vapore inferiormente al cilindro, se sono a semplice effetto, o di sotto e di sopra, se sono a doppio effetto, la mercè di una valvola composta di due settori conici, opposti l' uno all' altro e costituenti un sol pezzo rigido, girevole con due moti alterni in una capacità di base circolare e ad asse orizzontale. Vi son due tubi che secondo siffatto moto vicendevole fan comunicare il vapore quando inferiormente, quando superiormente allo stantuffo della macchina ed a quello del condensatore; la qual cosa è

facile a concepirsi, ove non siasi estraneo alla conoscenza del modo con che le valvole manovrano nelle trombe in generale.

Per le macchine di una grande potenza, vien preferito il sistema delle valvole a movimento rettilineo alternativo di va e vieni, dette *a tiratojo*. Dalla stessa loro denominazione si comprende, siccome costituite di un parallelepipedo o di un cilindro bislungo manovrante in uno spazio debitamente calibrato, pongansi in azione a guisa di altrettanti emboli dal moto generale della macchina, per un'asta confitta alla lor sommità. Con andare e venire in direzione rettilinea, e la mercè di quattro forami in ciascuna d'esse praticati, si stabilisce l'alterna comunicazione con sopra e sotto allo stantuffo, o col condensatore. Sono cotali valvole applicabili, del pari che le precedenti, anche alle macchine a semplice effetto; nel qual caso due sono i forami che introducono in varî istanti il vapore, or di sotto allo stantuffo motore, or nel cilindro di condensamento.

(D') *Focolare*. Perchè un focolare risponda alla doppia veduta di porre la più gran copia di calore possibile a contatto delle parieti della caldaja e mantenga costante l'attività del fuoco, vuol esser costrutto nel modo che l'immaginarono gl' inglesi Atkeen e Steels. E' stabilirono una graticola girevole sotto un de' due capi della caldaja cilindrica. Il calore o la fiamma di quivi diffondendosi, ne ravvolge tutta la superficie curviforme esterna, nell' intervallo appunto tra la medesima l' involucro metallico di fuori. Il tubo fumario ritrovasi all'altro capo, attraversando la capacità e l' acqua della caldaja.

Mediante un asse adattato sotto la graticola, cui è aderente un incastro (*ingranaggio*) di ruote dentate, la macchina la rende girevole; ciò importa che sulla graticola si versi equabilmente il carbon fossile raccolto non quinci lontano ed alquanto più sopra, ed in mezzo al quale è un rocchetto orizzontale anch' esso rotante intorno al suo asse. Il movimento del rocchetto fa che si dirompano i più grossi pezzi del combustibile, e che quasi conguagliati in volume, scendano sulla graticola. In grazia di siffatto espediente de'prelodati due ingegneri, si sfugge al grave sconcio di veder diminuita la tensione del vapore nel momento di alimentar di nuovo carbone il focolare, e per contrario, di vederla notabilmente cresciuta alcuni istanti dappoi, per effetto della totale accensione del combustibile.

(E')*Forma delle caldaje*. In generale sono in uso più che le altre, due forme di caldaje; l' una immaginata dal Watt, e detta dai francosi a *tombeau*, consiste in un cilindro orizzontale, la cui quasi metà inferiore presenta in ciascuna delle due facce laterali e di sotto, una concavità che lascia sporgere due canti vivi circolari nelle due linee di congiungimento delle tre facce. Simigliante conformazione conferisce alle caldaje la figura di una cassa mortuaria; ed ecco perchè i meccanici di oltremonti, così felici nell'apporre i nomi alle cose, han dato loro quella elegante denominazione! La fiamma dopo di aver lambito per certo tratto la base bislunga della caldaja, incontra un diaframma in dove è praticato un canale per cui passa a riscaldare di quà e di là una porzione delle facce laterali nel sito appunto della concavità.

Le caldaje dovute al Woolf, sono di figura perfettamente cilindrica, comunicano la mercè di due tubi verticali con due assai minori cilindri orizzontali e paralleli, detti *bollitoj*, o giaconti sul focolare. Il loro impiego ha per iscopo la maggiore economia del combu tibile a fronte del precedente sistema. In ambi i casi si scorge, che la fiamma non involge tutta la superficie del recipiente.

Tai sono i primordiali componenti delle macchine a vapore. Dopo il cenno che ne abbiam dato, un solo sguardo ai correlativi disegni, renderà compiuta l'intelligenza del loro congegnamento. E tralasciamo di occuparci di altre parti o nommeno essenziali, come sono il moderatore, il bilanciere, il parallelogrammo, il volante, o di una secondaria importanza, stantecchè il chiaro autore ne porge bastevole indicazione.

(F') Adduciamo un esempio del come si calcola il lavoro prodotto dall' azione meccanica del vapore di acqua. In ciò fare, noi moviamo dall'ipotesi che il nostro agente non subisca sensibile abbassamento di temperatura nel suo passaggio celeramente rinnovato attraverso l'interna capacità de'cilindri; i quali non solo non restan freddi, ma salgono dopo le prime pulsazioni degli stantuffi ad un grado pressochè uguale di calore, in ciò coadjuvati dagl' involucri entro cùi rinchiudonsi. In altro caso i cilindri terrebbon luogo di refrigeranti, come nelle distillazioni con gli alambicchi; e la riduzione in liqui-

do di parte del gas vaporoso lasciando un eguale spazio vuoto, la tensione più non aggiugnerebbe la medesima forza.

Se ponghiamo che la tensione del vapore si mantenga tanto nella caldaja che nel cilindro a $3\frac{1}{2}$ atmosfere, ogni centimetro quadrato della base dello stantuffo (sia la macchina a semplice effetto) sarà sospinto di basso in alto con uno sforzo di $1^{ch},033 \times 3\frac{1}{2} = 3^{ch},6155 = 3^{ch},62$ circa; tanto, finchè saravvi comunicazione tra 'l recipiente in cui si genera il vapore e'l cilindro. Stabiliamo il diametro dell'embolo di 80 centimetri, risulterà la superficie di una delle basi di $3,1416 \times 40^2 = 5026,56^{c.q.}$, e la pressione totale su di essa esercitata, di $5026,56 \times 3^{ch},6155 = 18174^{chil}$ a un dipresso. Tale sarà il peso che l'embolo potrà innalzare, o la resistenza che potrà vincere, applicata all'estremità dell'asta nel medesimo confitta; sicchè convertendo il moto di saliscendi verticale, in moto rotatorio col mezzo di un manubrio con articolazione, o di altro semplicissimo congegno, o trasmutandolo in quello di va e viene in senso orizzontale, ne risulterà la manovra delle locomotrici e dei battelli a vapore, non che dei telaj e di altri meccanismi nelle *tessitorie* e nelle *filande*.

Ammettiamo che si chiuda il tubo comunicante tra la caldaja ed il cilindro quando lo stantuffo abbia in questo percorso il cammino di $0^m,32$; allora la quantità di azione sviluppata dal vapore operante con tutta la sua tensione o forza, pareggerà $18174^{ch} \times 0^m 32, = 5816.^{ch.m.}$

(G′) Fin qui non abbiamo considerata la proprietà espansiva del vapore, la quale è anch'essa una potenza motrice.

Nelle macchine in cui manovrava il nostro agente senza valersi di siffatto essenziale attributo, richiedevasi una maggior quantità di combustibile, e con esso più spazio a contenerlo, donde

pur risultava un più notabile peso dell'apparato, e via discorrendo; imperocchè volendo che lo stantuffo percorra un più lungo cammino tra i due fondi del cilindro, eravi d'uopo di maggior copia di vapore.

Or, consentendo che il vapore estenda a $4\frac{1}{2}$ il primitivo volume (il limite utile della sua espansione è stato riconosciuto insino al quintuplo) nell'interna capacità del cilindro, ei sospingerà verso sopra lo stantuffo per una lunghezza di $4\frac{1}{2}\times 0^m,32=1,^m44$, dopo di che sarà lieve di calcolare la risultante quantità di azione.

Dividiamo il corso dello stantuffo in cinque parti uguali, sarà $\frac{1^m,44}{5}=28$ centimetri. Contrassegnando con P la pressione del gas dei detti 18174^{ch}, saremo in grado di comporre la seguente tabella, la quale secondo la legge del Mariotte, cioè che la forza del gas cresce in ragione inversa dello spazio per esso occupato (a), pone in rapporto cotesti spazj percorsi con le pressioni successivamente dal vapore esercitate (b).

(a) Un gas od il vapore di acqua che resiste con la forza di un chil. alla pressione dell'embolo in un cilindro, resisterà con la forza di due chil. se l'embolo comprimerà quella sostanza sino a ridursi alla metà del volume; di tre chil. se al terzo, di quattro chil. se al quarto, ecc.; per guisa che facendo successivamente dilatare il gas od il vapore di acqua sino al doppio, al triplo, ed al quadruplo del volume, scemerà proporzionalmente la sua forza o tensione.

(b) Con una molto facile dimostrazione elementare ricavasi un metodo generale per la quadratura delle curve piane; le quali distribuendosi mediante ordinate in varî quasi trapezî a lati paralleli, risultano eguali al terzo del prodotto che hassi moltiplicando l'intervallo fra le ordinate della curva per la somma delle ordinate estreme, cui si aggiunga il doppio della somma delle altre ordinate di numero dispari, e quattro volte quella delle ordinate di numero pari. È chiaro che la quantità di tali ordinate debba esser sempre dispari.

Posizioni dell'embolo	*a*,	*b*,	*c*,	*d*,	*e*,
Spazi percorsi	32^c,	60^c,	88^c,	116^c,	144^c,
Pressioni corrispondenti	P,	$\frac{32}{60}$P,	$\frac{32}{88}$P,	$\frac{32}{116}$P,	$\frac{32}{144}$P,
O più semplicemente	P,	$\frac{1}{15}$8P,	$\frac{1}{22}$8P,	$\frac{1}{29}$8P,	$\frac{1}{36}$8P,
O da ultimo	18174^{ch},	$9692,^{ch}8$,	$6608,^{ch}7$,	$5013,^{ch}5$,	$4038,^{ch}7$,
N.° delle pressioni	1,	2,	3,	4,	5,

Quindi avremo

Somma delle pressioni estreme. . . . . . $=18174^{ch}+4038,^{ch}7=22212,^{ch}7$

Due volte quella delle altre pressioni dispari . . $=2\times6608,^{ch}7=13217,\ 4$

Quattro volte quella delle pressioni pari $=4(9692,^{ch}8+5013,^{ch}5)=58825,\ 2$

Totale 94255, 3

Il perchè il valore approssimativo della quantità di azione dal vapore ingenerata sarà$=\frac{1}{3}0^m,28\times94255^{ch},3=8797^{chm}$ circa.

A cui se aggiungasi il lavoro in 5816^{chm} prodotto pria che si desse luogo alla espansione, otterremo $14613^{chm}=146,13+\frac{1}{3}$ $146,13=194,84$ cavalli-vapore, come l'equivalente della quantità di azione complessiva che l'agente onde si tratta comunica ad ogni pulsazione dell'embolo.

(II') Nelle macchine a bassa pressione in dove non si dà luogo al vapore di espandersi, semplicissima riesce l'estimazione della quantità di lavoro; imperocchè ella consiste nel prodotto della lunghezza del corso dell'embolo per la totale pressione che sulla superficie del medesimo esercita il vapore dalla caldaja affluente. Ma in questa specie di apparati, detti come dianzi accennammo, di Watt,

ed in cui il nostro agente disviluppa la sua potenza con una tensione costantemente eguale a quella che ha nella caldaja, e di poco superiore (di $\frac{1}{4}$ solamente) a quella dell'atmosfera, v'ha una forza contraria al movimento dello stantuffo di circa $\frac{1}{10}$ ad $\frac{1}{6}$ di atmosfera (Vedi tromba ad aria), o di $0^{ch},10$ a $0^{ch},20$ per centimetro quadrato, di cui bisogna tenere stretta ragione.

D'altronde il gran contorno dell'unico stantuffo contra le parieti del cilindro e la coesistenza della tromba ad aria e di altri meccanismi, fan perdere molta forza motrice pria che questa si computi giunta ad investire la ruota o le ruote, al cui albero è adatto il volante; sicchè nelle buone macchine di questa specie di 10 a 12 cavalli, vogliansi ritenere come util lavoro i $0,55=\frac{11}{20}$ della somma di azione ingenerata dal vapore, ed i $0,60=\frac{3}{5}$, ov' elle sieno di una maggiore potenza. Stantechè crescendo la copia del vapore, la forza se ne estende allo basi dell'embolo, laddovechè le perdite massimamente si avverano lungo la circonferenza del suo contorno; e si sa che l'ampiezza del circolo aumenta come il quadrato del diametro, mentre la periferia segue la ragion semplice di tale dimensione. Per un argomento opposto, negli apparati di minor potenza della divisata, fa d'uopo ridursi solamente ai $0,50=\frac{1}{2}$ della quantità di azione del vapore.

FINE DEL TESTO E DELLE NOTE.



ERRORI | CORREZIONI

Frontespizio — volte, di cui — volte di cui

Pag.	rigo	Errori	Correzioni
12	13	i chilogrammi sollevati	un chilogrammo sollevato.
53	19	formato	fermato
60	22	declvità	declività
dopo pagina 64			leggi pag. 65 e pag. 66.
175	12	chilogram-	
177		mo, il carbone	chilogrammo di carbone.
185	10	raccolte	raccolti
	15	perchè si tro-vino	perchè non si trovino.

INDICE DELLE MATERIE.

2



















